



Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

Mariana Moreira Pedroso

## **Análise dos parâmetros do processo de injeção para melhoria da qualidade de peças injetadas**

Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao Grau de  
Mestre em Engenharia de Polímeros

Trabalho efetuado sob a orientação do Professor Doutor  
Júlio César Viana Engenheira Maria do Céu Bastos

Junho de 2018



## DECLARAÇÃO

**Nome:** Mariana Moreira Pedroso

**Endereço eletrónico:** mariana94.pedroso@gmail.com

**Telefone:** 915364365

**Cartão do Cidadão:** 14009693

**Título da dissertação:** Análise dos parâmetros do processo de injeção para melhoria da qualidade de peças injetadas

**Orientadores:**

Professor Júlio César Viana

Engenheira Maria do Céu Bastos

**Ano de conclusão:** 2018

**Designação do Mestrado:** Mestrado em Engenharia de Polímeros

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTA DISSERTAÇÃO (indicar, caso tal seja necessário, nº máximo de páginas, ilustrações, gráficos, etc.), APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Universidade do Minho, \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

Assinatura:



## AGRADECIMENTOS

Ao longo do trabalho efetuado durante a dissertação tive o privilégio de conhecer e contactar com várias pessoas, por isso, gostaria de agradecer de forma direta ou indireta, a todos o seu contributo para a realização deste projeto.

Em primeiro lugar, agradecer à Aptiv pela oportunidade de me permitir realizar este projeto em ambiente industrial, fornecendo todas as condições para que este tenha sido possível. Destacando Mariana Matos, o Engenheiro Sérgio Torres, o Engenheiro Nuno Ribeiro e os colaboradores da área de injeção.

Um agradecimento especial à minha orientadora da empresa, Engenheira Maria do Céu Bastos, por toda a ajuda, dedicação, disponibilidade, amizade, conselhos e paciência.

Ao meu orientador da Universidade do Minho, Professor Júlio César Viana, por todo o auxílio prestado durante o decorrer do estágio.

Aproveito ainda para agradecer ao Professor Pier Parpot, por me ter orientado na parte do tratamento e exposição de resultados.

Aos meus pais, irmã, namorado e amigas, por todo o apoio incondicional que me deram durante estes cinco anos, sem a vossa ajuda nada seria possível.

A todos, um sincero obrigado!

## RESUMO

O mercado automóvel é um grande consumidor de peças plásticas, nomeadamente de peças injetadas, sendo por isso, um mercado que se encontra sob rigorosa regulamentação e requisitos bastante apertados que as peças necessitam de cumprir.

É uma indústria altamente competitiva e exigente, sendo necessária uma constante introdução de melhorias e inovação nos produtos bem como nos processos produtivos, possibilitando às empresas uma maior competitividade no mercado.

O projeto a desenvolver centra-se na área de injeção de plásticos na empresa Aptiv, em Braga, no âmbito da dissertação do Mestrado Integrado em Engenharia de Polímeros.

É essencial a produção de produtos de qualidade e sem qualquer tipo de defeitos, para isso é necessário existir um controlo de qualidade das peças injetadas muito rigoroso.

O trabalho desenvolvido na dissertação baseia-se na identificação e respetiva resolução dos defeitos da injeção, tendo em conta os parâmetros da máquina e a influência que estes podem ter ou não durante o processo de produção do produto.

Torna-se obrigatório fazer um estudo dos defeitos durante o processo de injeção e compreender onde estes podem ter origem.

A primeira etapa do processo consiste em aprofundar os conhecimentos na área da moldação por injeção, perceber o modo como a peça em estudo é injetada. É necessário o estudo de todas as variáveis que poderão afetar o processo, matéria prima, periféricos usados e ambiente envolvente.

Em seguida o objetivo é identificar os defeitos e verificar a frequência com que cada um aparece.

Após esta análise as peças são submetidas a observação através de microscópio, análise da humidade do material e de microscopia Raman. Com estes testes, pode-se tirar conclusões dos defeitos a ser estudados

Neste caso, verifica-se que os defeitos mais frequentes são os raiados, pontos pretos e pontos brilhantes.

Com base no teste de microscopia Raman efetuado verifica-se que os pontos pretos é material policarbonato (PC) carbonizado, que os pontos brilhantes e os raiados é material policarbonato (PC).

Posteriormente, faz-se o estudo dos parâmetros da máquina, através do método PCA, Análise de Componentes Principais . Este método permite verificar se existe alguma relação entre os defeitos encontrados e os parâmetros do processo de injeção.

Após esta análise, conclui-se que os parâmetros do processo de injeção não são a causa do aparecimento dos defeitos.

**Palavras-chave:** Moldação por injeção, Melhoria na qualidade, Parâmetros processo da injeção, Microscopia Raman, Análise de Componentes Principais (PCA)

## ABSTRACT

The car market is a major consumer of plastic parts, namely injected parts, and therefore, a market that is under strict regulation and tight requirements that the parts need to comply.

It is a highly competitive and demanding industry, requiring a constant introduction of improvements and innovation in products as well as in production processes, enabling companies to become more competitive in the market.

The project to be developed focuses on the area of plastic injection in the company Aptiv, in Braga, within the scope of the dissertation of the Integrated Master in Polymer Engineering.

It is essential to produce quality products without any kind of defects, for this it is necessary to have a very strict quality control of the injected parts.

The work developed in the dissertation is based on the identification and respective resolution of the defects of the injection, taking into account the parameters of the machine and the influence they may or may not have during the production process of the product.

It is mandatory to make a study of the defects during the injection process and to understand where they may originate.

The first step in the process is to deepen the knowledge in the area of injection molding, to understand how the part under study is injected. It is necessary to study all the variables that may affect the process, raw material, used peripherals and surrounding environment.

Then the goal is to identify the defects and check how often each one appears.

After this analysis the pieces are submitted to observation through a microscope, analysis of the humidity of the material and Raman microscopy. With these tests, one can draw conclusions of the defects to be studied.

In this case, it is verified that the most frequent defects are rays, black spots and bright spots.

Based on the Raman microscopy test carried out it is verified that the black dots are carbonized polycarbonate (PC) material, which bright and light dots are polycarbonate (PC) material.



Afterwards, the machine parameters are analyzed through the PCA method, Principal Components Analysis. This method allows to verify if there is any relation between the defects found and the parameters of the injection process.

After this analysis, it is concluded that the parameters of the injection process are not the cause of the appearance of the defects.

**Keywords:** Injection Molding, Improvement in quality, Parameters of the injection process, Raman microscopy, Principal component analysis.



## ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	iv
Abstract .....	vi
Lista de Figuras .....	xii
Lista de Tabela .....	xv
Lista de Sigla e Abreviaturas.....	xvi
1. Introdução .....	18
1.1 Empresa Aptiv .....	18
1.1.1 Principais Clientes e Produtos.....	21
1.2 Enquadramento e Âmbito do projeto.....	21
1.3 Objetivos e Motivações .....	22
1.4 Descrição da estrutura do documento.....	23
2. Fundamentos teóricos .....	24
2.1 Enquadramento teórico.....	24
2.2 Moldação por injeção .....	24
2.2.1 Ciclo de Moldação.....	25
2.2.2 Material .....	26
2.2.3 Parâmetros de processamento .....	26
2.3 Qualidade das peças injetadas .....	29
2.4 Análise das componentes principais (PCA) .....	31
3. Estudo de caso- parte experimental .....	37
3.1 Produto em estudo .....	37
3.1.1 Materiais.....	38
3.2 Processamento da peça em estudo.....	39
3.2.1 Injeção .....	39
3.3 Caraterização da peça em estudo.....	41

3.3.1	Análise e inspeção da peça.....	41
3.3.2	Análise da frequência dos defeitos.....	43
3.3.3	Análise da humidade do material.....	45
3.3.4	Análise morfológica.....	46
3.3.5	Espetroscopia Raman.....	47
3.3.6	Análise do PC degradado.....	48
3.4	Análise dos parâmetros da máquina no processo de injeção.....	48
4.	Discussão dos resultados.....	53
4.1	Medição da Humidade do material.....	53
4.2	Análise morfológica.....	54
4.3	Espetroscopia Raman.....	55
4.3.1	Análise do raiado.....	55
4.3.2	Análise do ponto brilhante.....	56
4.3.3	Análise do ponto preto.....	57
4.3.2.1	Análise do PC degradado.....	59
4.3.2.2	Análise das amostras extraídas do parafuso/cilindro.....	60
4.4	Análise dos parâmetros da máquina no processo de injeção.....	63
4.4.1	Elaboração PCA.....	66
4.5	Propostas de melhoria para diminuição dos defeitos.....	78
5.	Conclusões e Proposta de trabalho futuro.....	83
6.	Referências.....	86
7.	anexos.....	89
	Anexo I- Cronograma do planeamento da dissertação.....	89
	Anexo II- Divisão da Aptiv em 4 edifícios.....	90
	Anexo III- Cronograma de estágio.....	90
	Anexo IV- Ficha técnica PC.....	91
	Anexo V- Ficha técnica ABS.....	94
	.....	95
	Anexo VI- Plano de inspeção da lente.....	96
	Anexo VII- instruções de trabalho.....	97
	Anexo VIII- Ficha de afinação da máquina.....	98

.....	99
Anexo IX-Cotas da lente .....	100
Anexo X- Ficha de refugo da lente .....	101
Anexo XI- Ficha de registo dos defeitos com calculo direto do ftq%.....	102
Anexo XII- Matriz dos parâmetros dos raiados para aplicação da metodologia de PCA .....	103
Anexo XIII- Matriz dos parâmetros dos pontos brilhantes para aplicação da metodologia de PCA .....	117
Anexo XV- Matriz dos parâmetros dos pontos pretos para aplicação da metodologia de PCA .....	131

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Edifício da empresa Aptiv. [15] .....	18
Figura 2- Necessidades tecnológicas em prol do cliente. [1] .....	19
Figura 3- Fluxograma da interação entre os processos do Edifício 2.....	20
Figura 4- Alguns clientes da empresa Aptiv. [1].....	21
Figura 5- Alguns produtos produzidos na empresa Aptiv. [1] .....	21
Figura 6- Ciclo de moldação. [4].....	25
Figura 7- - Cursos e pontos de ajuste do movimento do cilindro [5] .....	28
Figura 8- Esquema.....	32
Figura 9- Representação do gráfico das scores (variação das amostras).....	33
Figura 10- Representação dos gráficos dos loadings (variação dos parâmetros) .....	34
Figura 11- Representação do gráfico biplot (variação das amostras relativamente aos parâmetros).....	34
Figura 12- Lente Fiat Panda parte da frente e parte de trás.....	37
Figura 13- Rádio onde a lente é inserida. ....	37
Figura 14- - As lentes com indicação dos diferentes materiais, onde o a)- PC e a)- ABS. A primeira imagem constitui a lente completa e a segunda imagem apresenta somente a composição de PC .....	38
Figura 15- - Equipamento de moldação responsável pela peça em estudo (máquina de injeção). ....	39
Figura 16- Parte fixa do molde.....	40
Figura 17-Parte móvel do molde .....	40
Figura 18-Defeitos encontrados no plano de controlo (a)-Raiados, b)- Ponto brilhante e c)- Ponto preto).....	41
Figura 19- Análise da percentagem de defeitos durante o ano de 2017 (Janeiro a Dezembro). ....	43
Figura 20- Indicação da área mais afetada pelos raiados (início da produção), pontos pretos e pontos brilhantes (zona a vermelho). ....	44
Figura 21- Indicação da área mais afetada pelos raiados quando surge durante o processamento (zona a vermelho).....	45
Figura 22- Medidor de humidade .....	46

Figura 23-Microscópio utilizado na análise das peças. ....	46
Figura 24- Microscópio com focal Raman utilizado na espectroscopia Raman. ....	47
Figura 25-Mufla utilizada para degradar o PC .....	48
Figura 26-Painel dos dados da máquina que fornece os dados necessários para o estudo.....	49
Figura 27-Painel dos dados da máquina com indicação (contorno a vermelho) do botão para aceder à seleção dos parâmetros.....	50
Figura 28- Painel de dados da máquina com indicação (contorno a vermelho) da seleção dos dados e os parâmetros que se pode escolher .....	50
Figura 29- Exemplos de alguns dados fornecidos pelo programa da máquina de injeção.....	51
Figura 30- Observação a microscópio do pronto preto (a) (escala de 200 nanómetros), pontos brilhantes (b)( escala de 200 nanómetros) e raiado (c)( escala de 500 nanómetros).....	54
Figura 31- Raiado analisado pela microscopia Raman onde o a) corresponde ao raiado e o b) corresponde à parte fora do raiado (PC).....	55
Figura 32- Espectro Raman do raiado (linha azul escuro corresponde ao espectro do raiado e a linha cinzenta corresponde ao espectro fora do raiado (PC)).....	56
Figura 33- Ponto Brilhante analisado pela microscopia Raman onde o a) corresponde ao ponto brilhante e o b) corresponde à parte fora do ponto brilhante (PC). ....	56
Figura 34- Espectro Raman do ponto brilhante (linha azul escura corresponde ao espectro do ponto brilhante e a linha cinzenta corresponde ao espectro fora do ponto brilhante (PC)) .....	57
Figura 35- Ponto preto analisado pela microscopia Raman onde o 1 corresponde ao ponto preto e o 2 corresponde à parte fora do ponto preto (PC).....	58
Figura 36- Espectro Raman do ponto preto (linha cor azul escura corresponde ao espectro do ponto preto e a linha cinzenta corresponde ao espectro fora do ponto preto (PC)) .....	58
Figura 37- Espectro de PC degradado ((linha cor de laranja) comparativamente com o ponto preto (linha verde). ....	59
Figura 38- Carburador do molde com os diferentes componentes assinalados com contorno a vermelho.....	60
Figura 39- Espectro do material retirado das três partes possíveis do carburador (bico linha a azul escuro, entrada linha a azul claro e ligação a verde escuro) e espectro do PC (linha a verde claro).....	61
Figura 40- Parafuso com material acumulado.....	62
Figura 41- Espectro do material retirado do parafuso.....	62
Figura 42- Gráfico das scores (variação das amostras). ....	69

Figura 43- Gráfico dos loadings (variação dos pontos brilhantes e parâmetros do processo).	70
Figura 44- Gráfico biplot das amostras e parâmetros do processo de produção. ....	71
Figura 45- Gráfico dos loadings (variação dos pontos pretos e parâmetros do processo). ....	73
Figura 46- Gráfico biplot da variação das amostras e dos parâmetros do processo de injeção.	74
Figura 47- Gráfico biplot da variação das amostras e dos parâmetros do processo de injeção. .....	75
Figura 48- Gráfico dos loadings da variação dos raiados e parâmetros do processo de injeção. .....	76
Figura 49- Ilustração do torpedo antes do avanço.....	79
Figura 50- Ilustração do torpedo depois do avanço. ....	79
Figura 51- Análise da percentagem de defeitos durante o ano de 2018 (Janeiro a Maio).....	80



## LISTA DE TABELA

Tabela 1- Possíveis causas para o aparecimento dos pontos pretos e dos pontos brilhantes.	42
Tabela 2- Resultados da medição da humidade durante três dias e em cada dia três tiragens diferentes. ....	53
Tabela 3- Parâmetros fornecidos pelo programa da máquina de injeção. ....	63
Tabela 4- Parâmetros da máquina relacionados com a temperatura .....	66
Tabela 5- Parâmetros de máquina relacionados com o tempo de ciclo.....	67
Tabela 6- Parâmetros relacionados com o volume de injeção. ....	67
Tabela 7- Parâmetros da máquina relacionados com a pressão. ....	67
Tabela 8- Parâmetros da máquina relacionados com a almofada.....	67

## LISTA DE SIGLA E ABREVIATURAS

**ABS-** Acrilonitrilo- Butadieno-Estireno

**PC-** Policarbonato

**kN-** Quilo newtons

**FTQ-** First Time Quality

**%-** Percentagem

**Inj-** Injeção

**°C-** Graus Celsius

**cm<sup>3</sup>-** Centímetros Cúbicos (unidade de volume)

**Bar-** Unidade de pressão

**S-** Segundos

**H-** Horas

**D-** Dias





# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 Empresa Aptiv

A empresa Delphi sediada nos E.U.A (Troy), foi fundada em 1994 e é um dos maiores produtores da indústria automóvel. O grupo encontra-se em 32 países, com uma maior concentração no continente Europeu, onde está representado em 33 locais.

Encontra-se dividido em diferentes linhas de produto direcionado para vários mercados, como: arquitetura elétrica/eletrónica, Eletrónica e Segurança, Sistemas de Motorizações, Sistemas térmicas e de produto.

A Aptivport Services, S.A (Figura 1), sediada em Braga, pertence ao grupo Electronics & Safety. Esta empresa mudou de nome Delphi Automotiv Systems Portugal S.A para Aptivport Services, S.A em 5 de Dezembro de 2017, pois a empresa iniciou no ano de 2017 novos projetos de Inovação e Desenvolvimento e pretende com esta mudança criar um novo ciclo no grupo Delphi.

Esta possui cerca de 700 colaboradores e dedica-se à produção de auto rádios, sistemas de navegação e sistemas de receção para a indústria automóvel.



*Figura 1- Edifício da empresa Aptiv.*



Em Braga, a empresa encontra-se dividida em quatro edifícios. Porém, a área de produção centra-se apenas em dois: no edifício 1 são produzidos os componentes elétricos e no edifício 2 são produzidas as peças plásticas.

O principal objetivo da empresa é ser reconhecido pelos seus clientes como o seu melhor fornecedor. Implementado assim “Os 7 Absolutos de Excelência”.

1. **Foco:** o Cliente.
2. **Objetivo de Desempenho:** fazer bem à primeira, sempre.
3. **Método:** inovação e Melhoria Contínua.
4. **Controlo:** “Feedback” do Cliente.
5. **Pessoas:** tratar bem e com respeito.
6. **Modelo:** trabalho em equipa.
7. **Recompensa:** reconhecimento e segurança.

A visão da empresa em Braga passa por ser a fábrica do mundo mais competitiva para o mercado europeu reunindo as necessidades tecnológicas dos seus clientes (*Safe, Green e Connected, Figura 2*).



*Figura 2- Necessidades tecnológicas em prol do cliente. [1]*

Este projeto foi realizado no departamento dos plásticos que iniciou produção no ano de 2011. Foi criada com o objetivo de aproximar a produção dos componentes plásticos com a produção eletrónica do edifício 1 para que o feedback da qualidade dos produtos seja mais rápido bem como promover uma redução de stocks e flexibilidade logística. Em relação ao processo produtivo do edifício 2 é formado por três áreas principais:

1. **Injeção:** é a primeira zona do processo produtivo. Este processo dispõe de dezasseis máquinas de injeção e produz-se produtos como teclas, botões, lentes e blendas.



2. **Pintura:** depois de injetadas as peças seguem para o processo de pintura, mas primeiro passam pela zona de carregamento onde são inspecionadas e carregadas no jigs. Seguidamente entram na zona de pintura. A zona da pintura dispõe de duas máquinas de pintura automática e

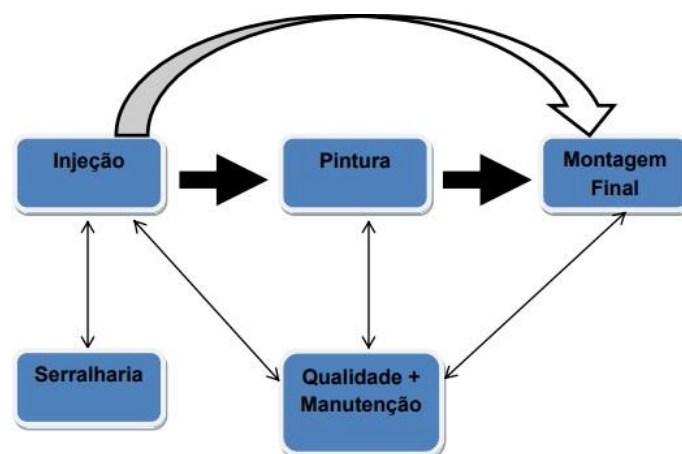
de estufas onde as peças sofrem um processo de cura depois de pintadas. Após a secagem, as peças pintadas vão para a zona de inspeção de pintura.

3. **Montagem Final:** é o local onde se faz a montagem das peças provenientes da injeção e da pintura. É necessário indicar que alguns componentes passam diretamente da injeção para a montagem final, não sendo pintados. Nesta zona, existem seis tipos de operações diferentes, nomeadamente:

- ✓ Tampografia (pad print);
- ✓ Montagem;
- ✓ Cravação a quente;
- ✓ Laser;
- ✓ Inspeção final;
- ✓ Embalagem.

Para além dos três processos, também existem áreas de suporte aos principais processos nomeadamente a serralharia, a qualidade e a manutenção.

A serralharia está ligada diretamente à injeção e prepara e recupera os moldes. A área da qualidade baseia-se na motorização de indicadores, controlo de processos de injeção pintura e montagem final, retrabalho de peças e controlo estatístico de peças injetadas. A manutenção serve como uma prevenção e correção de todos os equipamentos em uso.



*Figura 3- Fluxograma da interação entre os processos do Edifício 2.*



### 1.1.1 Principais Clientes e Produtos

Como se pode verificar pela Figura 4, os principais clientes da empresa Aptiv são Volkswagen, Audi, Porsche, Grupo Fiat, Grupo Ford, Volvo Car, BMW, entre outros.



*Figura 4- Alguns clientes da empresa Aptiv. [1]*

Na Figura 5 pode-se observar alguns produtos produzidos pela empresa Aptiv.



*Figura 5- Alguns produtos produzidos na empresa Aptiv. [1]*

## 1.2 Enquadramento e Âmbito do projeto

Atualmente, o ramo automóvel está em constante crescimento e em consequência é necessário que esta indústria procure novas soluções para dar uma resposta mais rápida e mais eficaz às propostas colocadas pelos consumidores diariamente.

Cada vez mais, a produção das lentes é uma preocupação no processo de injeção, uma vez que é necessário existir vários cuidados com a sua produção.

A produção destas peças é um dos principais problemas nas empresas de produção de plástico, constituindo cerca de 50% do refugo.



O objetivo do processo de injeção é a obtenção de produtos ou materiais que são posteriormente utilizados noutros processos resultando em bens de consumo destinados a um consumidor final [2].

De modo a maximizar a satisfação do consumidor final, são implementadas ferramentas de controlo da qualidade dos produtos ao longo do processo de produção, permitindo assim minimizar os erros e as perdas e aumentar a qualidade dos produtos, bem como a fiabilidade do consumidor final para com a empresa e os seus produtos.

Este trabalho consiste no estudo da qualidade de uma lente para um rádio automóvel, onde a injeção é possível através da utilização de dois materiais, ou seja, injeção de bi-material, sendo um material transparente, que permite a passagem de luz (PC) e o outro material concede uma boa estabilidade dimensional (ABS). Para este estudo realizou-se vários testes com intuito de verificar quais as anomalias constatadas durante o processo de injeção.

Posteriormente e atendendo ao atual processo de produção realizado pela empresa Aptiv, é proposto a identificação de parâmetros do processo de produção, que possam constituir potenciais fontes de problemas, ou seja, perceber se os defeitos que aparecem nas lentes podem ser causados por irregularidades nos parâmetros da máquina.

O principal objetivo é identificar os parâmetros que influenciam diretamente o processo de injeção.

Desta forma será possível estabelecer uma estratégia adequada de modo a minimizar as causas dos problemas, para uma correta eliminação das suas falhas.

### 1.3 Objetivos e Motivações

Esta dissertação é direcionada para relacionar os defeitos encontrados no produto com os parâmetros do processo de injeção. Para tal vão-se utilizar ferramentas adequadas para a identificação das fontes e processos que estão na sua génese, para posterior elaboração de propostas de rotinas adequadas para contribuir para a sua minimização.

Para este estudo é necessário traçar um conjunto de objetivos:

I. Inserção na empresa: integração na equipa de trabalho, conhecimento dos regulamentos e procedimentos internos, definição de tarefas, definição do âmbito do projeto, obtenção de conhecimento e autonomia, no que diz respeito aos processos existentes na empresa, assim como o conhecimento de pessoal competente ligado ao tema em questão





- II. Análise passo a passo de todo o processo: estudo do processo de moldação por injeção;
- III. Avaliação da qualidade: verificação e identificação das diferentes contaminações encontrados nas peças;
- IV. Estudo da frequência do aparecimento das contaminações nas peças;
- V. Estudo das contaminações a partir de testes indicados;
- VI. Verificar a influência dos parâmetros da máquina no aparecimento dos defeitos: Recolha e tratamento de dados, obtidos pelos parâmetros do processo de fabrico, recorrendo ao uso de ferramentas estatísticas já implementadas na empresa e possibilidade de desenvolvimento de métodos complementares possíveis de serem validados;

Para o desenvolvimento deste estudo realizou-se muita pesquisa bibliográfica, recorrendo a diversas fontes de informação, artigos, documentos da empresa, observação direta, informação fornecida pelos colaboradores, recolha de dados e posterior análise.

## 1.4 Descrição da estrutura do documento

O conteúdo desta dissertação é dividida em cinco capítulos, sendo que cada capítulo está descrito em seguida.

O capítulo 1, apresenta um breve enquadramento do projeto, a descrição da empresa onde o projeto foi realizado e a enumeração dos objetivos do estudo efetuado.

O capítulo 2 contém o enquadramento teórico, sobre os temas abordados nesta Dissertação, nomeadamente o processo de moldação, os parâmetros de processamento e a qualidade das peças injetadas explicitando o funcionamento de cada uma.

No capítulo 3 é descrita a parte experimental, como os testes realizados e análise dos parâmetros da máquina, neste caso PCA (análise das componentes principais).

O capítulo 4 apresenta os resultados experimentais recolhidos e a discussão dos mesmos.

No capítulo 5 propõe-se algumas sugestões de melhoria para a produção das lentes, evitando o aparecimento frequente de problemas.

Por último, são apresentadas as conclusões do estudo efetuado. As referências e anexos utilizados para esta Dissertação encontram-se no fim deste trabalho.



## 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 2.1 Enquadramento teórico

No presente, devido às exigências do mercado, a indústria procura encontrar novas soluções para dar uma resposta rápida e eficaz aos consumidores. A indústria automóvel, um setor industrial com um papel fundamental na economia. É uma indústria muito competitiva e exigente, sendo necessário um constante crescimento para continuar a melhorar e inovar em produtos, bem como, em tecnologias para um melhor controlo dos processos produtivos possibilitando às empresas uma maior competitividade no mercado. Deste modo, deve-se preocupar com a necessidade de reduzir custos e apostar na eliminação de desperdícios.

O exigente mercado da indústria automóvel reforça a necessidade de redução de custos industriais inerentes a matérias-primas, produtos acabados, assim como prazos de transformação.

Assim sendo, na indústria automóvel existe necessidade da melhoria da produção de peças injetadas, neste caso, na produção de lentes para o automóvel Fiat Panda.

Na produção destas lentes são utilizados dois materiais diferentes, PC (material transparente) e o ABS (material preto). Devido ao facto de haver uma parte transparente os defeitos detetam-se mais naturalmente e também por se tratar de um PC é um produto que se risca com facilidade. É necessário ter bastante cuidado durante e após a sua produção.

Consequentemente, o principal objetivo deste projeto é melhoria a produção deste produto.

Uma vez que este projeto foi realizado em ambiente industrial, o enquadramento teórico descrito neste capítulo passa por uma descrição breve dos processos abordados ao longo da Dissertação.

### 2.2 Moldação por injeção

O termo moldação por injeção é uma descrição simplificada de um processo bastante complexo que é controlado dentro de limites específicos.

A moldação por injeção é um dos métodos de processamento mais eficiente e com maior importância económica. Atualmente é um processo de grande versatilidade geométrica e dimensional garantindo excelentes acabamentos superficiais. A moldação por injeção utiliza um material plástico, no estado sólido que é aquecido e forçado sob a forma de pressão a entrar



no molde. O material fundido preenche as cavidades do molde e arrefece até se tornar rígido. No molde, o material fundido preenche a respetiva impressão. Por fim o material arrefece e é injetado. [3]

### 2.2.1 Ciclo de Moldação

A moldação por injeção é um processo cíclico. O ciclo de moldação por injeção é um conjunto de operações que ocorrem numa máquina de injeção entre a produção de duas peças consecutivas. A otimização deste ciclo é fundamental para assegurar a competitividade económica do processo. [4]

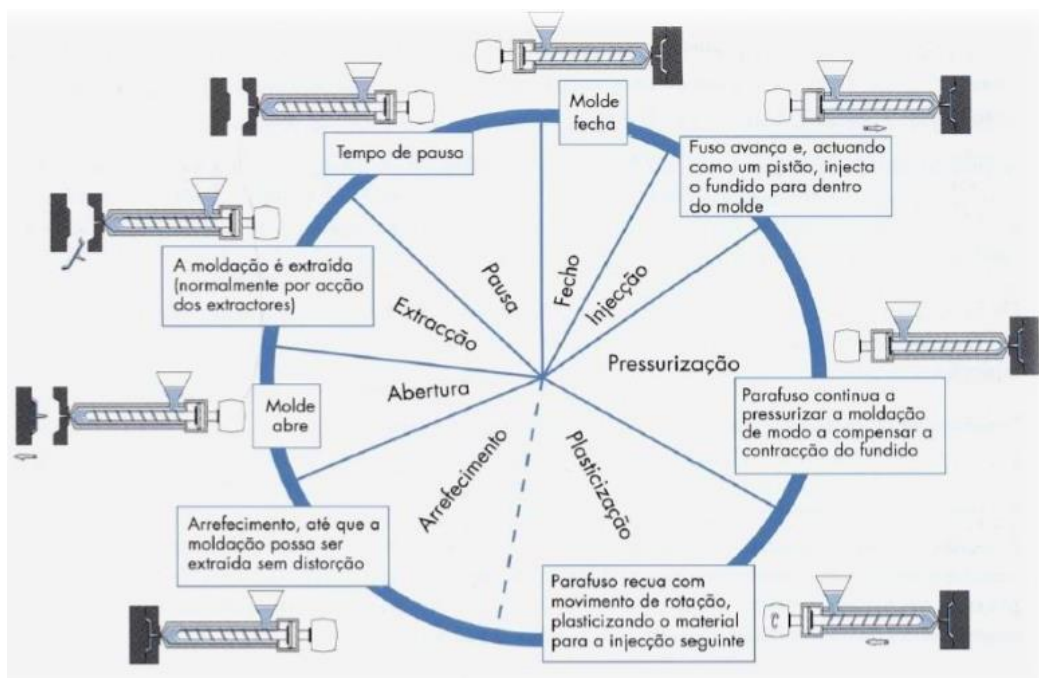


Figura 6- Ciclo de moldação. [4]

Este processo inicia com o fecho e trancamento do molde, que deve ser tão rápido quanto o possível.

De seguida ocorre a injeção, após o cilindro ter encostado o bico ao molde, o parafuso é empurrado, obrigando o fundido a fluir para dentro do molde. A velocidade de injeção deve ter um compromisso entre a rapidez e a qualidade do produto final.

A terceira etapa é a pressurização, ocorre a seguir ao enchimento do molde, sendo necessário continuar a pressurizar a impressão, a fim de reduzir o efeito da contração por arrefecimento e evitar o refluxo do fundido.



Após a pressurização realiza-se o arrefecimento, onde o parafuso pode ser retraído e a moldação continua a arrefecer o molde. A fase de arrefecimento termina quando a moldação atinge uma temperatura que permite a sua extração sem deformação.

A temperatura do molde é um parâmetro muito importante no processo de injeção, uma vez que condiciona o processo de arrefecimento. Uma temperatura muito elevada origina um aumento do tempo de ciclo, no entanto uma temperatura mais baixa pode provocar o arrefecimento prematuro do material durante o enchimento.

A abertura e injeção baseia-se no tempo entre a peça estar pronta a ser removida e o início do novo ciclo.

Por fim, existe uma pausa entre o fim da ejeção e o início do novo ciclo. [4]

### 2.2.2 Material

Os termoplásticos são muito utilizados hoje em dia em várias indústrias, desde a industria automóvel, elétrica, comunicações, construção civil, embalagem, entre outras.

A seleção do material é um dos fatores mais importantes para o desenvolvimento do processo de construção do produto. Tem que ter em conta diversos aspetos como as suas propriedades, facilidade de processamento, preço e desempenho do produto.

Em seguida é necessário selecionar o grade consoante a técnica de processamento e verificar se o material precisa de algum aditivo em específico dependendo da sua aplicação. A janela operatória de processamento tem que ser adequada, assim o material depende de todas as variáveis e do seu ajuste.

### 2.2.3 Parâmetros de processamento

Os parâmetros inerentes ao processo de injeção são em número muito elevado, daí o processo de injeção de plásticos ser bastante complexo.

Saber identificar e controlar estas variáveis constitui um dos passos fundamentais no sentido de garantir a produção de peças de qualidade. Daí estas serem extremamente importantes para a obtenção de um produto moldado no final do processamento e devem ser rigorosamente ajustadas conforme aquilo que é exigido pelo cliente, antes de se dar início ao processo.

Estas têm uma grande influência nas propriedades finais do produto injetado.

Assim, pode-se definir estas condições por três parâmetros diferentes, parâmetros do material, do processo e operatórios.



Os parâmetros do material são escolhidos em função da peça e material que o próprio cliente exige.

Os parâmetros do processo dependem das características específicas do equipamento, por isso, não são facilmente ajustadas durante o processo. Estão associados a aspetos geométrico-construtivos do equipamento e do molde/peça, e incluem: bico de injeção, espessura da peça, comprimento de fluxo, localização e geometria do ataque, distribuição de temperaturas na superfície moldada. São escolhidos durante a fase de projeto do molde e por isso raramente são alterados depois de ser construído, se necessitar de alterações no molde tem que voltar para a fase de produção.

Por outro lado, as parâmetros operatórios são controladas pelo operador, isto é, ajustam-se na unidade de controlo. Estas permitem variar: temperaturas de injeção e do molde, velocidade de injeção, pressão máxima de injeção, pressão de segunda pressão e contrapressão, velocidade de rotação do fuso e tempo de injeção, sendo estas as variáveis mais responsáveis pela ocorrência de defeitos.

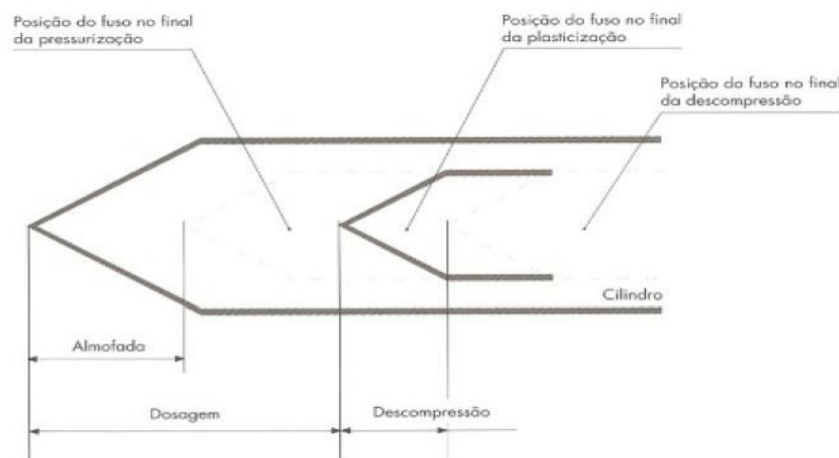
No caso dos parâmetros operatórios são aqueles que podem ser alterados no decorrer na fase dos testes ao molde, ou seja, no sentido de encontrar a solução ideal. Este parâmetros são controlados pelo operador e, conseqüentemente, são as variáveis mais responsáveis pelo aparecimento de defeitos.

De seguida estão descritas vários parâmetros operatórios: [5]

- **Pressão de injeção:** Pressão necessária para encher todas as cavidade do molde;
- **2ª Pressão:** Pressão que atua quando a peça já está completa;
- **Contrapressão:** pressão que se opõe ao retorno do fuso durante a fase da dosagem do material. Tem como função consolidar a massa fundida e expulsar o ar;
- **Pressão de fecho:** pressão que mantém o molde fechado;
- **Curso de descompressão:** Recuo do fuso, provocando uma sucção do fundido e diminuindo a pressão para evitar problemas de acumulação de material no bico.
- **Velocidade de injeção:** Relação entre o material fundido e o tempo que demora a encher a cavidade, ou seja, quanto maior a velocidade menor o tempo de enchimento;
- **Velocidade de rotação do fuso:** velocidade responsável pela homogeneização do material;
- **Temperatura do molde:** Fator muito importante para controlo do tempo de ciclo e acabamentos da peça. Uma temperatura do molde baixa significa menor tempo de ciclo, pois o arrefecimento é mais rápido.



- **Temperatura do cilindro:** É a temperatura suficiente para fundir o material e mantê-lo fundido até se iniciar a produção de nova peça;
- **Temperatura do fundido:** É a temperatura a que se encontra o material quando sai do bico da máquina injetora e entra no molde de injeção;
- **Temperatura do bico:** É a temperatura a que se encontra o bico de injeção. Tem que se garantir a temperatura correta para que o material flua sem dificuldades;
- **Dosagem:** É a quantidade de material necessário para a injeção completa da peça. A dosagem ocorre durante o processo de arrefecimento;
- **Almofada:** Quantidade de material que permanece na rosca para o recalque atuar.



*Figura 7- Cursos e pontos de ajuste do movimento do cilindro [5].*

- **Tempo de abertura:** É o tempo que o molde leva a abrir;
- **Tempo de molde aberto:** É o período de tempo necessário após a abertura do molde para permitir a adequada extração da peça moldada.
- **Tempo de fecho:** É o tempo que o molde demora a fechar.
- **Tempo de molde fechado:** É o tempo que o molde permanece fechado.
- **Tempo de injeção:** É o tempo que o material demora a preencher por completo as cavidades do molde;
- **Tempo de 2ª pressão:** É o tempo em que é exercida uma pressão inferior à pressão de injeção, de modo a contrariar a contração do material.



- **Tempo de arrefecimento:** É o tempo que vai desde a pressão de injeção cessar até que o molde abra.
- **Tempo de dosagem:** É o tempo necessário para que o fuso recue e deforme plasticamente o material a ser injetado;
- **Tempo de extração:** É o tempo necessário para retirar a peça do molde. Este tempo pode estar incluído no tempo de abertura do molde, diminuindo ou eliminando o tempo de molde aberto;
- **Tempo de ciclo total:** Este é o tempo representativo da produção de uma peça, e é a soma dos seguintes tempos: tempo de fecho, tempo de injeção, tempo de 2ª, tempo de arrefecimento, tempo de abertura do molde e tempo de molde aberto. [5]

## 2.3 Qualidade das peças injetadas

A qualidade pode ser definida de múltiplas formas, tais como: "Qualidade é o grau em que um determinado produto está em conformidade com um projeto ou especificação" [6], "Qualidade é a conformidade com as especificações" [7], "Qualidade consiste na capacidade de satisfazer desejos." [8], "Qualidade é adequação ao uso" [9], "Qualidade é o grau de excelência a um preço aceitável e o controle da variabilidade a um custo aceitável." [10]

A qualidade representa a capacidade com que um produto é capaz de satisfazer a vontade de seus clientes. Este foco no cliente pode ser entendido quando vemos o cliente como o fator capaz de ditar o sucesso ou insucesso de qualquer organização. A execução de um produto ou processo só faz sentido se for capaz de cativar a atenção do consumidor para o seu uso.

A conformidade com as características é algo que, atualmente é dado como garantido, não é algo que seja atribuído valor, mas sim algo que é dado como certo.

Por outro lado, se um produto não for capaz de funcionar eficientemente no prazo de tempo estipulado, então certamente haverá uma insatisfação por parte do cliente representada, entre outros aspetos, pela não continuidade de aquisição ou uso.

O consumidor é o teste mais exigente e fidedigno com que um processo ou produto pode ser avaliado, uma vez que também é este quem veta o sucesso ou insucesso do mesmo. [8]

A qualidade do processo de injeção depende de dois fatores muito importantes: o projeto do molde e as condições de processamento.



Do ponto de vista da concepção dos moldes é necessário ter em atenção as técnicas do formato do molde que irão dar o aspeto e forma do produto final. O comportamento do material deve ser devidamente estudado.

Posteriormente, o processamento é importante para analisar as condições de processamento, pois existem fatores controláveis inerentes ao processo que exibem melhores resultados no produto final do que a manipulação de outros parâmetros.

A qualidade das peças injetadas é avaliada segundo três parâmetros: aparência, dimensão e força mecânica. Os parâmetros de qualidade estão, normalmente, associados com a possibilidade de preencher completamente as cavidade do molde durante o processamento.

As variações que ocorrem durante este processo são atribuídas a alterações nos parâmetros de processo: parâmetros variáveis de forma controlada e parâmetros não controláveis. [11]

Um dos fatores mais importantes na análise da qualidade das peças são os erros de inspeção. Estes erros tem várias categorias: erros técnicos (falta de aptidão para a posição ocupada), erros por inadvertência (distração ou descuido) e erros conscientes (fraude).

O ser humano é sem dúvida o mais flexível e inteligente de todos os sistemas de inspeção, pois possui a capacidade de se lembrar de vários detalhes dos critérios de inspeção, perceber detalhes de cor e geometria e interpretar novas e imprevistas circunstâncias. Contudo, a inspeção visual/humana pode contribuir para a geração de erros de inspeção. Para minimizar os erros de inspeção é necessário a utilização ferramentas que validem as especificações do produto o que podem envolver o uso de padrões com as definições de critérios de bom/mau ou aceitável/não-aceitável. [12]

A variabilidade sistemática é conjugada pelos responsáveis de produção juntamente com os responsáveis de qualidade para obter as características desejadas para o produto final.

Normalmente na fase de concepção do produto é elaborado um protótipo que é aprovado pelo cliente, e este serve de peça de referência, para a produção de série.

Para eliminar eventuais anomalias numa peça moldada, deve ser traçado um plano e executado passo-a-passo. A abordagem deve ser sistemática, lógica e organizada.

Uma abordagem desorganizada pode levar a um gasto de tempo maior, para resolver o mesmo problema.





## 2.4 Análise das componentes principais (PCA)

A análise do Componente principal, PCA (Principal Component Analysis), permite transformar um conjunto de variáveis originais, correlacionadas, num novo conjunto de variáveis não correlacionadas: os componentes principais.

A finalidade do PCA é determinar um pequeno número de componentes principais que sejam responsáveis por explicar uma proporção elevada da variação total associada ao conjunto original. Isso é conseguido transformando-se em um novo conjunto de variáveis, os componentes principais, que não são correlacionados, e que são ordenados de forma que os primeiros retenham a maior parte da variação presente em todas as variáveis originais.

O PCA encontra-se entre as mais importantes ferramentas da análise multivariada, por constituir a base onde se fundamentam a maioria dos outros métodos multivariados de análise de dados e foi inventado por Pearson (1901) e Hotelling (1933).

As aplicações das componentes principais podem ser divididas em duas categorias: as que têm o objetivo de reduzir a dimensão dos dados, ou seja, de um número elevado de variáveis descritivas para um conjunto menor de variáveis mais facilmente analisáveis e ainda representativas do conjunto inicial e aquelas cujo objetivo é permitir a compreensão dos processos, através da identificação e interpretação dos fatores subjacentes. [13]

Como uma ferramenta de análise exploratória a PCA permite revelar a existência ou não de amostras defeituosas, de relações entre as variáveis medidas e de relações ou agrupamentos entre amostras. [14]

A necessidade de compreender as relações entre muitas variáveis torna a análise multivariada, uma atividade difícil. Frequentemente, a mente humana é assoberbada pela quantidade de dados existentes nas observações. Nesses casos, a matemática é a ferramenta utilizada para derivar, com técnicas estatísticas multivariadas, os dados e facilitar as conclusões como se tratasse de uma análise univariada [15].

Os principais objetivos, segundo Johnson, de se utilizar métodos de análise estatística multivariada são:

1. Redução dos dados ou simplificação estruturada. O fenómeno estudado é apresentado de uma forma simples e reduzido, porém sem perda significativa do valor da informação. Acredita-se que, com a redução da dimensão dos dados, a análise se torne mais fácil;



2. Ordenação e agrupamento: Grupos de objetos ou variáveis com características similares são criados;
3. Dependência entre as variáveis: O interesse está na relação natural entre as variáveis. Se todas as variáveis são independentes ou se há uma dependência entre elas;
4. Criação e teste de hipóteses: Hipóteses estatísticas formuladas em função de uma população de parâmetros multivariados são testadas, com o objetivo de validar suposições ou reforçar convicções anteriores.
5. Previsão: A relação entre as variáveis é estudada com o intuito de prever os valores de uma ou mais variáveis observadas e até mesmo outras variáveis. [15]

Em resumo, a finalidade de PCA é determinar um pequeno número de componentes principais que seja responsável por explicar uma proporção elevada da variação total associada ao conjunto original.

Assim, o objetivo é sumarizar os dados que contêm muitas variáveis ( $P$ ) por um conjunto menor de variáveis ( $K$ ) variáveis compostas derivadas de um conjunto original.

A Figura 8 expõe de que forma o método é desenvolvido ao longo das matrizes.



*Figura 8- Esquema da simplificação da matriz em estudo para a análise de PCA.*

Este estudo usa um conjunto de dados representados por uma matriz de  $n$  registros por  $p$  atributos, que podem estar correlacionados, e sumariza esse conjunto por eixos não correlacionados (componentes principais) que são uma combinação linear das  $p$  variáveis originais, as primeiras  $k$  componentes contém a maior quantidade de variação dos dados. [16]

Para facilitar o estudo dos dados utilizou-se o Software R. O R é uma linguagem e ambiente para análise estatística e produção de gráficos. Foi desenvolvido pelos estatísticos Ross Ihaka e Robert Gentleman na década de 90.



O R oferece uma grande variedade de estatísticas (modelagem linear e não-linear, testes estatísticos clássicos, análise de séries temporais, classificação, agrupamento, etc.) e técnicas gráficas extensíveis, que fornecem uma rota de código aberto para que haja participações entre programadores. [17]

Com o Software R é possível obter em pouco tempo a análise do componente principal.

Este programa elabora vários gráficos, sendo os mais utilizados para este estudo os gráficos das scores, dos loadings e biplot.

Gráfico de Scores: O gráfico de scores (gráfico das amostras-Figura 9) representa os scores do segundo componente principal versus os scores do primeiro componente principal, ou seja, elabora o gráfico da variação das amostras.

Se os primeiros dois componentes forem responsáveis pela maior parte da variância nos dados, pode-se usar o gráfico de scores para avaliar a estrutura de dados e detectar agrupamentos e tendências. Os agrupamentos de dados no gráfico indicam que esses mesmos dados são correlacionados. Se os dados seguem uma distribuição normal, os pontos são aleatoriamente distribuídos em torno de zero. [18]

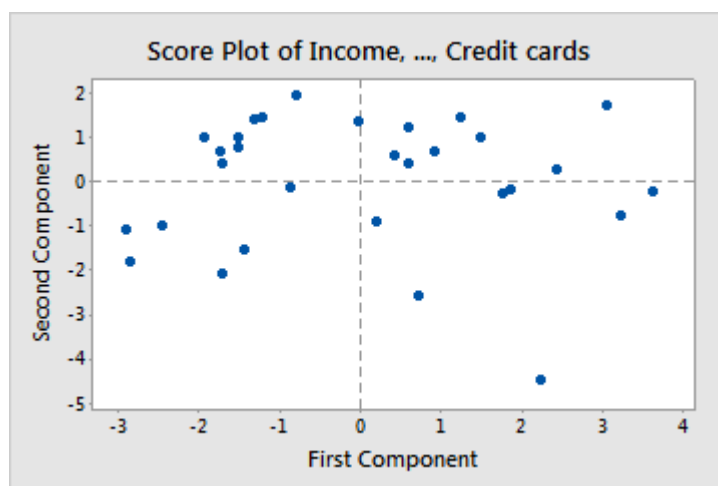
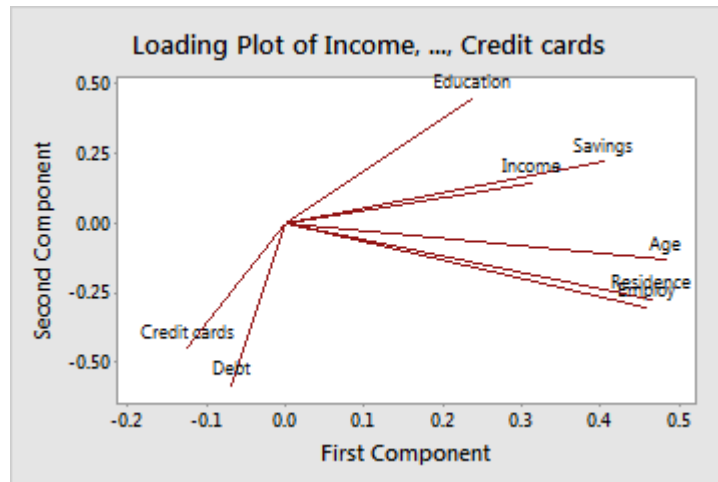


Figura 9- Representação do gráfico das scores (variação das amostras). [18]



Gráfico de Loadings: representam os coeficientes de cada variável para o primeiro componente versus os coeficientes para o segundo componente.

Este gráfico é apresentado na Figura 10, identifica quais variáveis têm o maior efeito em cada componente. As variáveis próximas de 0 indicam que a variável tem uma influência fraca no componente. [18]



*Figura 10- Representação dos gráficos dos loadings (variação dos parâmetros). [18]*

Biplot: O biplot (Figura 11) sobrepõe o gráfico de scores e o gráfico dos loadings. Usa-se para avaliar a estrutura dos dados dos primeiros dois componentes em um gráfico. Representa graficamente os scores do componente principal versus os scores do primeiro componente principal, bem como os loadings de ambos os componentes. [18]

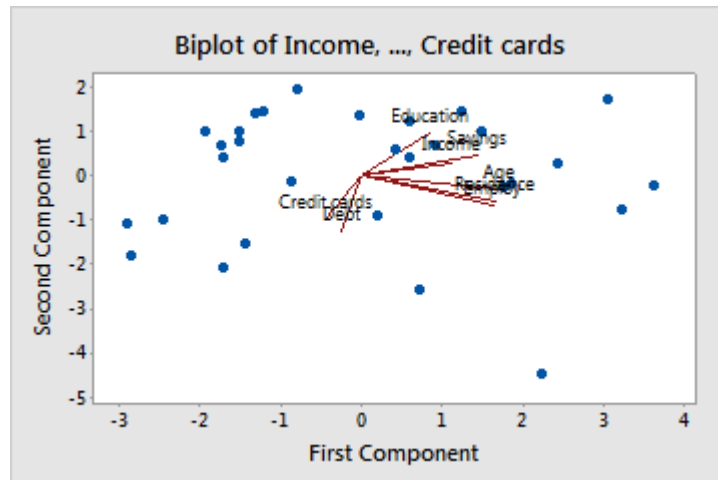


Figura 11- Representação do gráfico biplot (variação das amostras relativamente aos parâmetros). [18]



### 3. ESTUDO DE CASO- PARTE EXPERIMENTAL

#### 3.1 Produto em estudo

Numa primeira fase, definiu-se qual seria a peça em estudo desta Dissertação. A partir das peças injetadas internamente na Aptiv, decidiu-se que a peça alvo seria a lente do automóvel Fiat Panda, devido aos vários problemas surgidos na sua produção. A lente é um dos componentes que integra um rádio para o automóvel mencionado anteriormente.

A Figura 12 e Figura 13 representam respetivamente a peça em estudo e a componente onde esta é inserida.



*Figura 12- Lente Fiat Panda parte da frente e parte de trás.*



*Figura 13- Rádio onde a lente é inserida.*

Este produto é sempre produzido na mesma máquina. Para produzir este produto são utilizados os seguintes recursos: uma máquina de injeção, um molde, um contentor de matéria-prima; matéria-prima, uma estufa, um robot e um tapete.

O processo inicia-se com a colocação da matéria-prima em forma de granulado num contentor, que está ligado a uma estufa. A matéria-prima do contentor passa para a estufa, onde tem um tempo de estufagem de 4 horas. A matéria-prima é transportada ainda no estado sólido para a tremonha, e depois da tremonha até ao bico da injetora (onde já está fundida). O ciclo de injeção tem uma duração de aproximadamente 50 segundos. O produto é extraído do interior



do molde, com o auxílio do robot e transportado para um tapete, onde depois é recolhido por um operador, analisado e embalado em caixas próprias. Depois de embalado, este produto segue diretamente para a montagem final.

Por fim vai para o Edificio1 onde será realizada a montagem do trimeplate na parte eletrônica do auto rádio.

### 3.1.1 Materiais

Os materiais utilizados foram selecionados tendo em conta alguns dos requisitos principais deste projeto.

Assim sendo, na produção da lente é utilizado Acrilonitrilo-Butadieno-Estireno (ABS) que fornece maior resistência, rigidez e dureza à peça.

O outro material utilizado é o Policarbonato (PC). Este material permite a passagem de luz e é um material de engenharia por excelência, aliando transparência, rigidez e estabilidade dimensional a uma excecional resistência ao impacto.

Como foi reportado anteriormente, para ser mais fácil a interpretação do projeto, as lentes são divididas em dois elementos que são compostos por dois materiais diferentes, sendo o material transparente - PC (a) e o material preto - ABS (b). No Anexo IV e V encontram-se as fichas técnicas destes materiais.

Nas figura 14 evidencia qual o material utilizado nas duas partes da lente estudada. Na imagem do lado direito visualiza-se uma das partes injetadas, neste caso, o material transparente (PC), sendo o contorno da parte de trás em ABS.



*Figura 14- - As lentes com indicação dos diferentes materiais, onde o a)- PC e b)- ABS. A primeira imagem constitui a lente completa e a segunda imagem apresenta somente a composição de PC.*



## 3.2 Processamento da peça em estudo

### 3.2.1 Injeção

A máquina de moldação por injeção responsável pela produção da Lente Fiat Panda é Engel Victory 110, sendo esta uma injetora de bi-material. A máquina é composta por duas unidades de injeção, horizontal e vertical, com diâmetros de parafuso de 22mm e 25mm respectivamente. A força de fecho é de 1100 KN. Estes valores podem ser lidos na ficha de afinação da máquina, Anexo VIII.

Na figura 15, está representada a máquina de moldação por injeção com indicação das duas unidades de injeção.



*Figura 15- - Equipamento de moldação responsável pela peça em estudo (máquina de injeção).*

Os materiais antes de serem colocados na tremonha da injetora foram introduzidos numa estufa de acordo com as especificações (horas e temperatura) para pré-secagem. A tremonha que se encontra na zona de alimentação do material transparente, é aquecida.

O molde é de canais quentes, refrigeração é a água e a com extração da peça por robot.

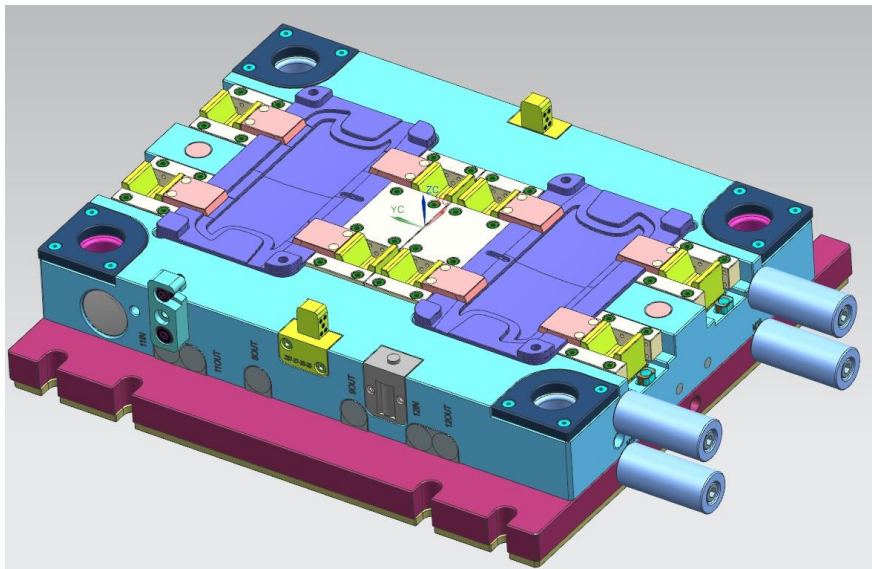
Apresenta duas cavidades, onde as peças são produzidas de igual modo, porém encontram-se dispostas em posições diferentes.



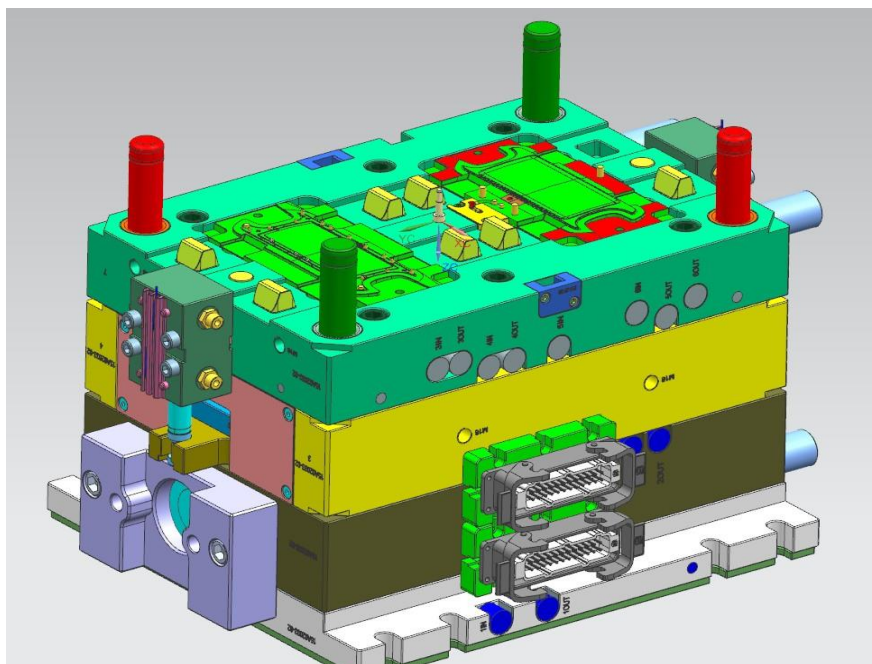
O molde produz uma peça em cada ciclo. Em relação ao funcionamento do molde, num primeiro estágio, injeta-se a parte transparente, posteriormente sofre um movimento rotacional e injeta-se a parte preta.

A parte fixa do molde é representada na Figura 16, que tem como função a injeção, bem como a ejeção da peça.

A parte móvel do molde (Figura 17) é onde estão as cavidades da peça, ao contrário da maior parte dos moldes.



*Figura 16- Parte fixe do molde.*



*Figura 17-Parte móvel do molde.*



### 3.3 Caracterização da peça em estudo

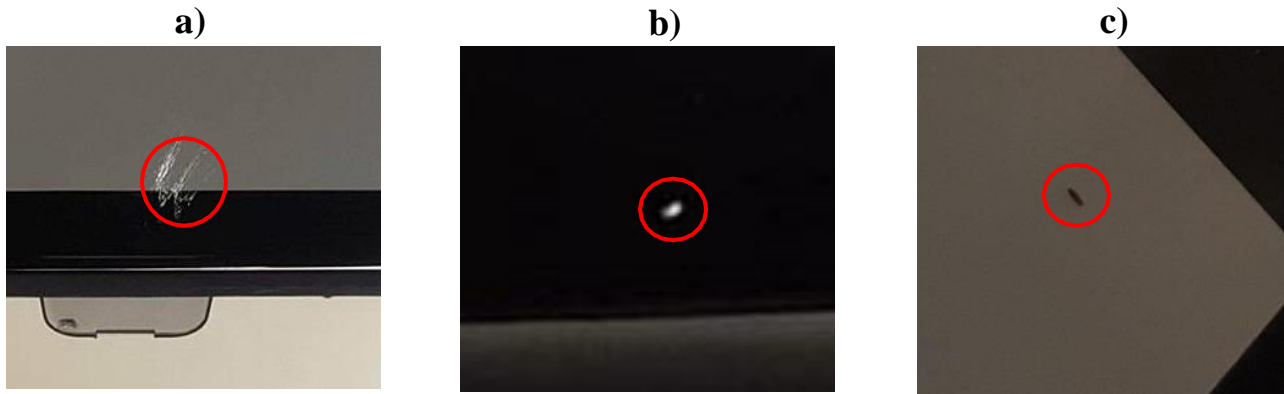
#### 3.3.1 Análise e inspeção da peça

Inicialmente foi efetuado um estudo preliminar das peças injetadas, com a finalidade de analisar possíveis defeitos visíveis nas peças, provenientes do processo de injeção.

O processo de injeção está dependente de um conjunto de fatores, e por isso está sujeito a uma série de imprevistos que na maior parte das vezes origina o aparecimento de alguns problemas.

Deste modo, efetuou-se o plano de controlo estabelecido na empresa Aptiv. Durante a produção das peças há uma inspeção visual realizada pelos operadores, que fazem o registo numa folha de refugo, apresentado no Anexo X. Neste registo constam o tipo de defeitos, a quantidade de cada um e a quantidade total produzida.

A partir deste registo verificou-se os seguintes defeitos nas peças injetadas (Figura 18).



*Figura 18-Defeitos encontrados no plano de controlo (a)-Raiados, b)- Ponto brilhante e c)- Ponto preto).*

Durante o processo de injeção, teve-se o cuidado de verificar as primeiras peças extraídas.

Na primeira imagem é possível observar a presença de raiados, este defeito maioritariamente surge no início do processo e aparece como arranhões prateados na superfície da peça moldada por injeção. São considerados como um defeito visual da superfície e é principalmente um defeito estético, mas também pode enfraquecer a parte moldada. [19]



Os raiados surgem frequentemente no início da produção e normalmente para resolver este problema ajustou-se os parâmetros de processamento. Este método faz-se até o processo estar otimizado, ou seja, até o problema estar eliminado

Eventualmente, pode surgir este defeito ao longo da produção e é necessário ter alguma atenção e verificar qual pode ser o motivo do aparecimento desta anomalia e agir com novas medidas no sentido de melhorar este problema.

Em relação aos pontos brilhantes e aos pontos pretos estes aparecem em qualquer parte da superfície moldada. É necessário fazer um estudo mais pormenorizado dos fatores que podem influenciar o aparecimento destes dois defeitos na peça de modo a minimiza-los ou elimina-los. [20]

Em seguida estão enumeradas algumas das possíveis causas para o aparecimento dos pontos pretos, dos pontos brilhantes e dos raiados.

*Tabela 1- Possíveis causas para o aparecimentos dos pontos pretos e dos pontos brilhantes.*

<b>Pontos pretos</b>	<b>Pontos brilhantes/Raiados</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Material contaminado (material por vezes já vem sujo do fornecedor e essa sujidade é libertada durante o processo de injeção);</li> <li>✓ Contaminação do ar (ar contaminado com pó ou outras partículas);</li> <li>✓ Estagnação do material no cilindro da máquina ou nos canais quentes (o material fica acumulado nas partes da máquina e durante a o processo de injeção são libertados);</li> <li>✓ Parâmetros da máquina (alterações nos parâmetros que podem causar estas anomalias, por exemplo, o aumento da temperatura). [21]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Humidade (se o material não estiver bem seco pode causar os pontos brilhantes);</li> <li>✓ Parâmetros da máquina (alterações nos parâmetros que podem causar estas anomalias). [22] e [23]</li> </ul>

Ao observar a Tabela 1, pode-se verificar que os pontos brilhantes e os raiados estão relacionados, ou seja, é possível que os raiados sejam uma extensão dos pontos brilhantes. Através da observação microscópica e fazendo testes poder-se-á descobrir se a hipótese de acima mencionada é verdadeira.. [24] e [25]



### 3.3.2 Análise da frequência dos defeitos

Depois de analisar os registos dos defeitos que aparecem na lente, verificou-se quais os d que aparecem com maior frequência. Este estudo iniciou em Janeiro de 2017, onde todos os dias os operadores da Aptiv contabilizavam a quantidade de peças boas e peças más, diferenciando os defeitos que surgem a cada hora de trabalho.

O estudo foi realizado ao longo do ano de 2017 e mantêm-se até Maio de 2018, mas a Aptiv continuará a realizar este estudo até estabilizar.

Durante as várias semanas contabilizou-se o número de peças boas e de peças más, e a partir daí, retirava-se o First Time Quality (FTQ %). O FTQ calcula-se diretamente numa folha de Excel, disponível no Anexo XI.

Ao analisar o gráfico da Figura 19, verifica-se uma instabilidade acentuada e inconclusiva ao longo das várias semanas em estudo.

O objetivo é atingir um valor de FTQ inferior a 10%.

O objetivo é estudar estes problemas e minimiza-los de modo a que a percentagem de FTQ diminua consideravelmente para o valor pretendido.

Ao longo de 2017 obteve-se as seguintes percentagens de defeitos representadas no gráfico seguinte.

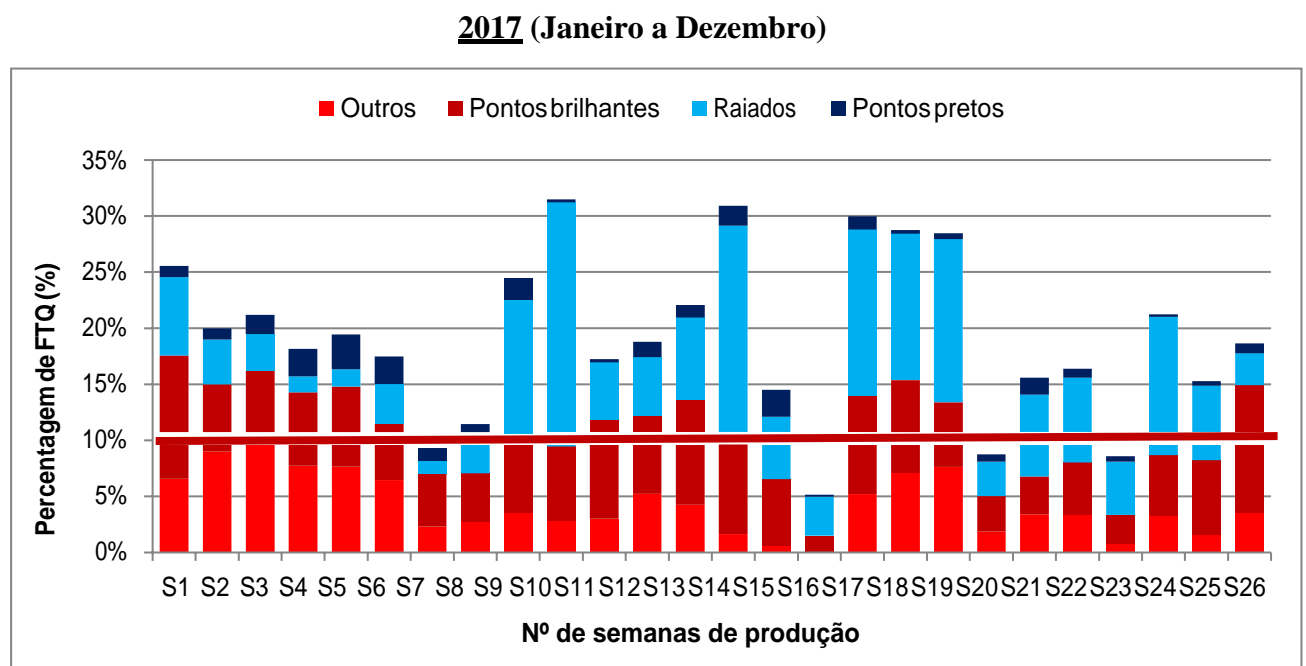


Figura 19- Análise da percentagem de defeitos durante o ano de 2017 (Janeiro a Dezembro).



A partir da análise da Figura 19, observa-se que os defeitos mais frequentes são os pontos brilhantes, os pontos pretos e os raiados.

Em relação aos raiados, sabe-se pelo gráfico que constituem uma percentagem elevada dos defeitos. Este é um defeito que surge normalmente no início da produção e resolve-se com o ajuste da descompressão sendo que esta percentagem diminui radicalmente.

A descompressão serve para aliviar a pressão na câmara de material fundido à frente do fuso, havendo maior movimento do fluido e evita que este se acumule no bico de injeção. É de salientar que os raiados aparecem aleatoriamente no início da produção, mas em menor percentagem comparativamente com o início.

Os defeitos designados como “Outros” aparecem com baixa frequência, surgindo devido a imponderáveis ao longo do processo que se resolvem com o polímero do molde ou soluções externas.

Posteriormente, fez-se o estudo da distribuição dos defeitos na peça, no sentido de verificar se os defeitos aparecem sempre nas mesmas zonas. Depois de observar várias peças de diferentes produções, conclui que os pontos pretos e os pontos brilhantes mencionados anteriormente se distribuem de forma aleatória. Estes defeitos surgem na área do policarbonato indicada a vermelho (parte da frente da peça). A Figura 20 ilustra a área onde normalmente os defeitos surgem na peça.



*Figura 20- Indicação da área mais afetada pelos raiados(início da produção), pontos pretos e pontos brilhantes (zona a vermelho).*

Relativamente aos raiados, estes têm uma distribuição diferente. No início da produção aparecem de forma aleatória como foi referido e demonstrado pela Figura 20. Quando surgem no meio da produção aparecem próximos do ponto de injeção, como se pode visualizar na área retangular representada na Figura 21.





*Figura 21- Indicação da área mais afetada pelos raios quando surge durante o processamento (zona a vermelho).*

### 3.3.3 Análise da humidade do material

Uma das causas associadas ao aparecimento dos pontos brilhantes e dos raios é o facto de o material não estar seco adequadamente antes da sua injeção, ou seja,,a pré secagem não foi adequada e o material ainda tem humidade.

Nenhum fator externo é tão crítico para um plástico antes do processamento como a humidade. Este inconveniente pode interferir bastante no processo e na qualidade do produto. [26]

Existem materiais mais suscetíveis à absorção de água, esses materiais chamam-se higroscópicos. Sabe-se que o policarbonato é considerado um material higroscópico e por isso, absorve humidade muito facilmente. Como esta absorção é muito fácil, basta existir uma pequena quantidade de água no material para que o vapor se forme durante a moldagem e à medida que a cavidade do molde enche, essa humidade migra para a superfície moldada, criando os pontos brilhantes e os raios. [19]

Assim, sabendo que todos estes fatores influenciam o aparecimento dos defeitos mencionados, fez-se o teste da humidade para verificar se o material utilizado estava bem seco, ou seja, com as características necessárias para um bom desenvolvimento do produto.

Este teste é feito a partir da máquina Halogen Moisture Analyzer HX204 que permite medir a humidade do material. Pode-se ver na Figura 22 o aparelho de medição.



*Figura 22- Medidor de humidade.*

#### 3.3.4 Análise morfológica

A fim de perceber que tipos de defeitos vão ser estudados, é necessário haver uma inspeção visual a nível morfológico, com o objetivo de compreender o que pode ser o defeito em causa.

Este estudo é realizado com a observação das lentes a microscópio, neste caso no microscópio Optika Microscopes Italy com uma ampliação de 50x.

Na Figura 23 , pode-se observar o microscópio utilizado para este estudo.



*Figura 23-Microscopio utilizado na análise das peças.*





### 3.3.5 Espectroscopia Raman

As técnicas de espectroscopia estão baseadas na interação da radiação eletromagnética com a matéria e são, sem dúvida alguma, os instrumentos mais eficazes na caracterização de materiais em qualquer campo do conhecimento.

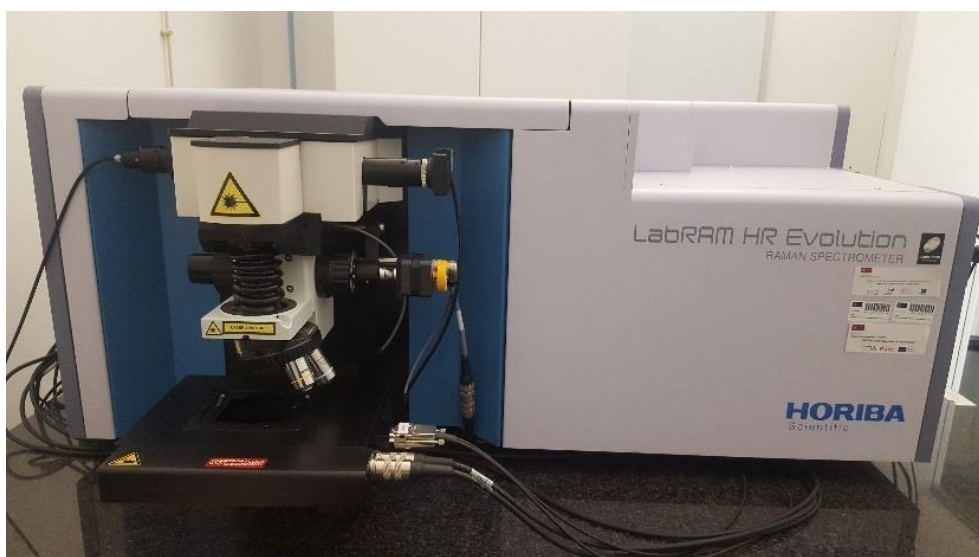
A espectroscopia Raman é uma técnica espectroscópica já estabelecida que visa medir a identidade química e a estrutura dos materiais em várias indústrias.

A espectroscopia Raman tem especificidade química bastante elevada e é rotineiramente usada para diferenciar diversos materiais. Esta análise é efetuada através de um software que forma uma imagem que exhibe a distribuição espacial dos componentes químicos. [27]

Quando usada em conjunto com a análise de imagens estáticas, proporciona uma excelente maneira de medir a identidade química de partículas individualmente dispersas dentro de uma amostra.

Aplicações desta técnica inclui a caracterização quimicamente específica de partículas em misturas, identificação de contaminantes ou partículas anormais e quantificação da composição química em misturas por contagem de partículas. [28]

A espectroscopia Raman utiliza um microscópio com focal Raman (Figura 24) que observa a amostra no seu interior, sendo essa informação passada diretamente para um software num computador externo, que permite visualizar o comportamento do espectro de cada defeito.



*Figura 24- Microscópio com focal Raman utilizado na espectroscopia Raman.*



### 3.3.6 Análise do PC degradado

O teste de degradação tem como objetivo queimar PC, para permitir degradação do material com destino à sua observação na espectroscopia Raman.

O aparelho utilizado para este teste é designado por mufla e tem o mesmo efeito que uma estufa convencional, utilizada para temperaturas altas com o objetivo de calcinar qualquer tipo de substância. A mufla está representada na Figura 25.



*Figura 25-Mufla utilizada para degradar o PC.*

## 3.4 Análise dos parâmetros da máquina no processo de injeção

Para efetuar a análise dos defeitos é importante ter em consideração os parâmetros da máquina e compreender de que forma estes podem influenciar a boa ou má conformidade das peças.

Os parâmetros de injeção das máquinas apresentam uma relação de dependência de uns em relação aos outros no que respeita à conformidade das peças. Quando se altera um parâmetro existe a necessidade de alterar proporcionalmente o parâmetro/parâmetros que interage/interagem com a variação do primeiro.



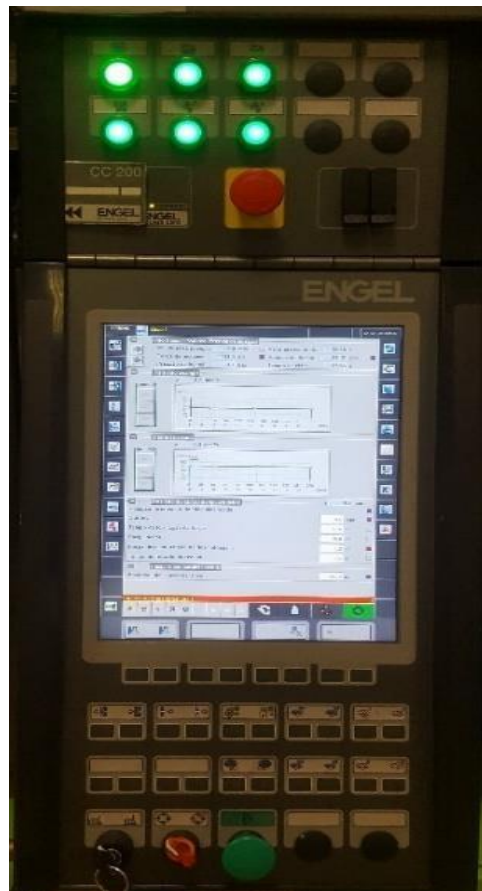
Os parâmetros de injeção que requerem maior preocupação pela sua capacidade de interação de dependência e influência direta nas características do material, havendo assim uma relação direta na conformidade do produto. [29]

No processo de injeção, a obtenção dos parâmetros de injeção especificados no projeto sofre variações, tanto em relação às características do material a ser injetado, quanto nas condições de controle de temperaturas, tempos, pressões, velocidades, e todos os outros parâmetros de controle.

Como já foi mencionado, a lente é produzida numa máquina Engel, esta máquina de injeção possui um painel com todos os parâmetros gerados durante o processo.

Esses dados vão diretamente para um programa em Excel no computador externo, onde são armazenados em forma de coluna, disponibilizando as variáveis que definem a qualidade da peça em estudo.

As imagens seguintes ilustram o painel de controle da máquina e como se escolhe e monitoriza os parâmetros.



*Figura 26-Painel dos dados da máquina que fornece os dados necessários para o estudo.*

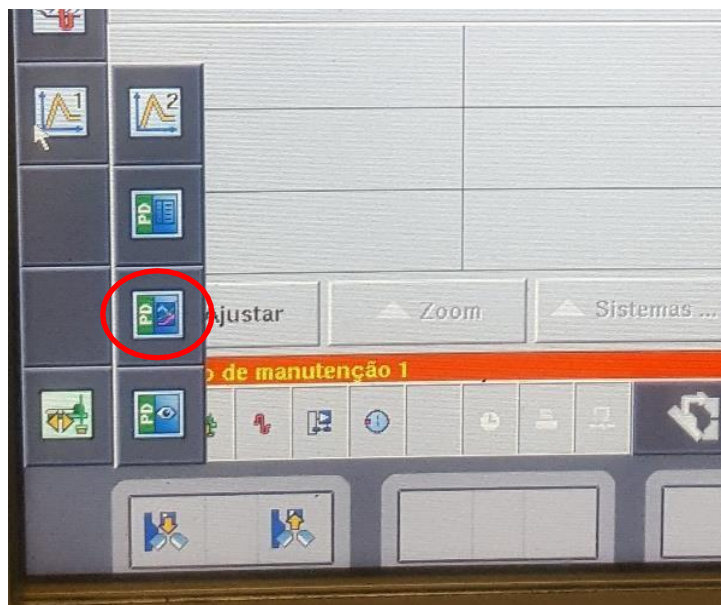


Figura 27-Painel dos dados da máquina com indicação (contorno a vermelho) do botão para aceder à seleção dos parâmetros.

A Figura 26 mostra o painel de dados da máquina utilizado no estudo.

A zona rodeada a vermelho da Figura 27, ilustra o acesso ao programa que fornece todos os parâmetros contabilizados pela máquina a cada segundo.

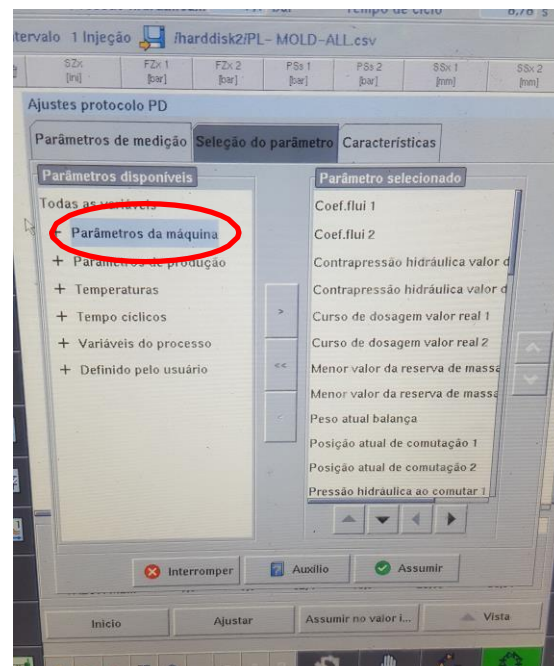
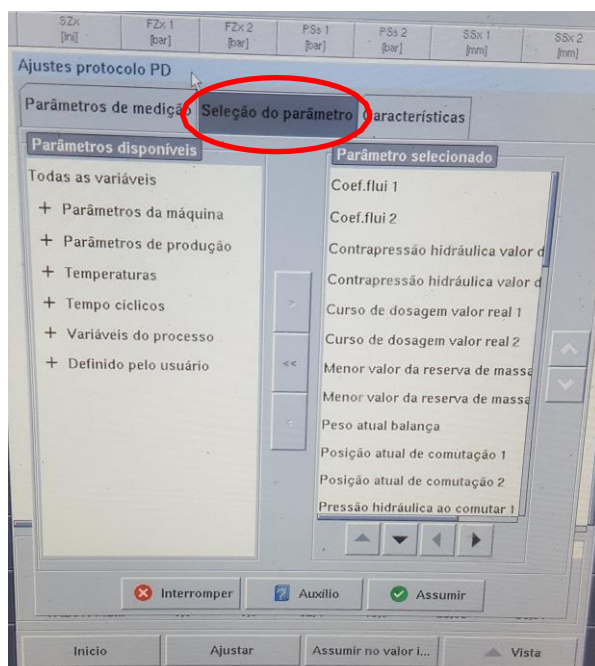


Figura 28- Painel de dados da máquina com indicação (contorno a vermelho) da seleção dos dados e os parâmetros que se pode escolher





Analisando a Figura 28, verifica-se que o passo seguinte é a seleção dos parâmetros. Esta seleção é dividida em cinco parâmetros diferentes, são estes, parâmetros de máquina, parâmetros de produção, temperaturas, tempos de ciclo e variáveis do processo. Consoante estes parâmetros, pode-se escolher quais que se quer analisar.

A Figura 29 expõe o painel com alguns dos dados fornecidos pela máquina. A primeira linha é constituída pelos diferentes parâmetros, enquanto que as restantes são o valor fornecido pela máquina a cada segundo de produção.

SZx [m]	SFs [mm]	DtStat [s]	SKg [kN]	SKx [kN]	PPx [mm]	SDt [s]
6008	321,8	1	1112,4	1115,9	0,00	-0,01
6009	321,7	2	1113,1	1114,6	0,00	179,79
6010	321,6	1	1111,2	1116,6	0,00	-0,03
6011	321,7	2	1113,8	1115,2	0,00	179,78
6012	321,5	1	1111,3	1116,7	0,00	-0,02
6013	321,7	2	1112,1	1115,8	0,00	179,79
6014	321,6	1	1114,3	1114,9	0,00	-0,02
6015	321,7	2	1111,9	1115,2	0,00	179,81
6016	321,8	1	1114,4	1115,9	0,00	-0,02
6017	321,6	2	1113,2	1113,9	0,00	179,81
6018	321,8	1	1111,6	1114,2	0,00	-0,01
6019	321,8	2	1111,5	1113,4	0,00	179,79
6020	321,8	1	1111,7	1114,9	0,00	-0,01
6021	321,8	2	1111,5	1116,3	0,00	179,80
6022	321,8	1	1114,3	1115,0	0,00	-0,01
6023	321,7	2	1113,3	1114,5	0,00	179,81
6024	321,6	1	1112,1	1116,1	0,00	0,00
6025	321,8	2	1112,3	1115,5	0,00	179,80
6026	321,6	1	1113,4	1116,1	0,00	-0,01
6027	321,7	2	1113,7	1115,0	0,00	179,80
6028	321,7	1	1111,4	1116,4	0,00	-0,02
6029	321,8	2	1113,0	1115,1	0,00	179,79
6030	321,7	1	1111,9	1116,3	0,00	-0,01
6031	321,8	2	1113,9	1114,6	0,00	179,79
6032	321,8	1	1111,2	1115,8	0,00	-0,01
6033	321,8	2	1113,0	1115,0	0,00	179,79
6034	321,7	1	1114,7	1116,5	0,00	-0,03
6035	321,5	2	1113,7	1114,7	0,00	179,79
6036	321,8	1	1110,9	1116,6	0,00	-0,02
6037	321,7	2	1113,7	1115,9	0,00	179,79
6038	321,6	1	1112,1	1115,4	0,00	-0,03
6039	321,6	2	1113,6	1115,4	0,00	179,79
6040	321,8	1	1112,8	1114,6	0,00	-0,01
6041	321,8	2	1112,7	1115,0	0,00	179,78
6042	321,6	1	1110,9	1115,0	0,00	-0,01

Figura 29- Exemplos de alguns dados fornecidos pelo programa da máquina de injeção.





## 4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 4.1 Medição da Humidade do material

Com vista a analisar verificar as irregularidades que ocorrem na lente e tendo em consideração que os defeitos surgem na base do PC, o polímero em análise é o Alcom PC LD2 1000UV 15091 GY 1138-15, sabe-se que deve permanecer na estufa pelo menos 4 horas com o desumidificador a uma temperatura de 110°C, havendo uma tolerância de  $\pm 10^\circ\text{C}$  e com um teor de humidade de  $<0,02\%$  (valor fornecido pela Aptiv).

Para este estudo foi retirado da estufa PC (com as 4 horas de estufagem a 110°C) material da zona inferior da estufa (onde está conectada a tubagem para levar o material para a máquina). Fizeram-se três tiragens diferentes durante três dias. Cada quantidade de PC retirada foi colocada na máquina que mede a humidade e obteve-se os resultados ilustrados na Tabela 2.

*Tabela 2- Resultados da medição da humidade durante três dias e em cada dia três tiragens diferentes.*

1º Tiragem	0,003%	1º Tiragem	0,002%	1º Tiragem	0,002%
2º Tiragem	0,002%	2º Tiragem	0,003%	2º Tiragem	0,003%
3º Tiragem	0,005%	3º Tiragem	0,005%	3º Tiragem	0,005%

1º Dia

2º Dia

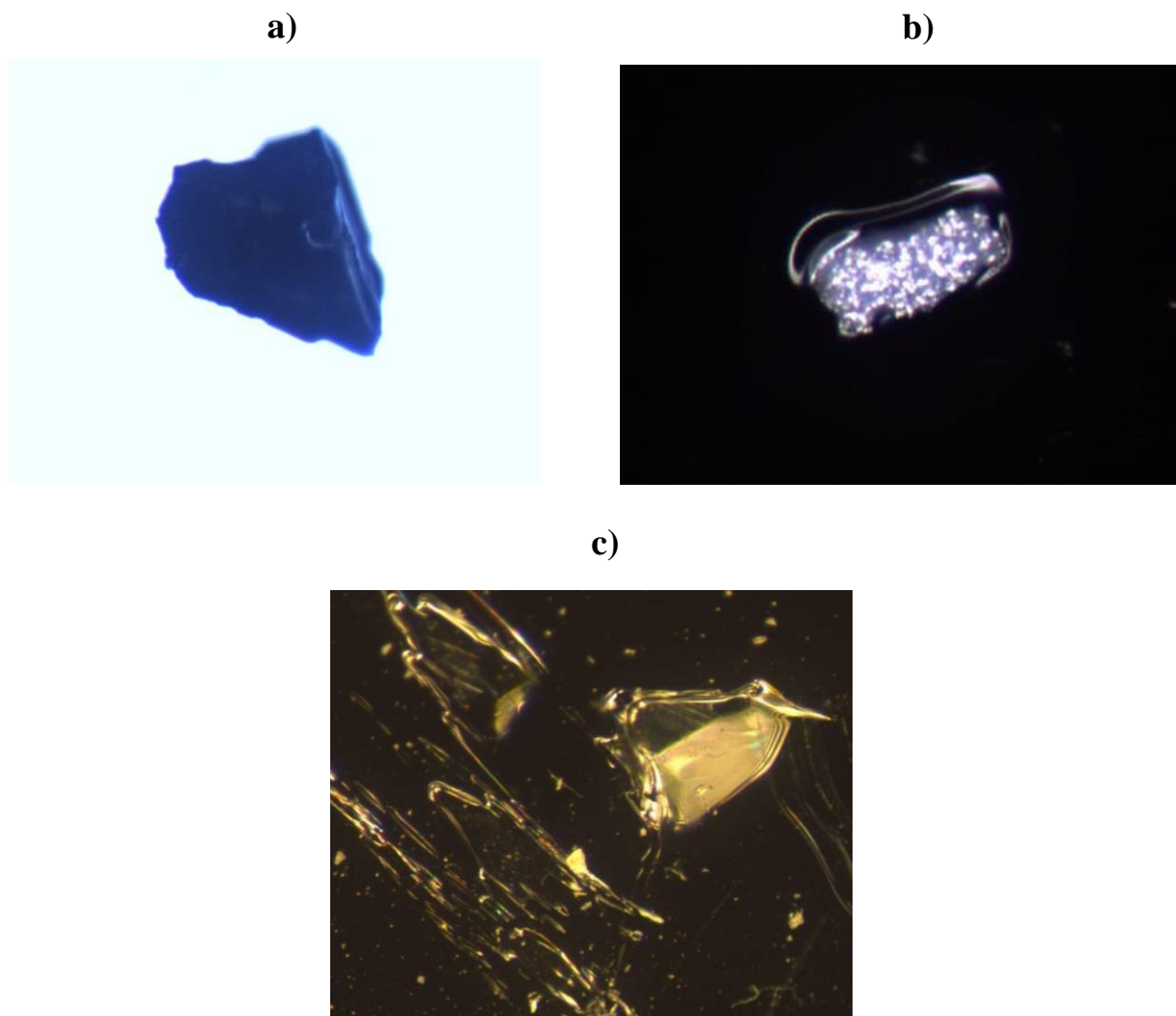
3º Dia

A partir da análise dos três dias, consegue-se concluir que ao longo das três tiragens efetuadas, os valores obtidos não ultrapassam o valor padrão, neste caso,  $<0,02\%$ . Conclui-se que o material está bem seco, ou seja, o problema dos pontos brilhantes e dos raiados pode não depender deste fator.

Sabendo que o PC é um material higroscópico é necessário ter sempre muita atenção à sua humidade, pois podem passar grânulos com humidade no meio do material, o que pode criar estes defeitos, mesmo que o restante material esteja bem seco.

## 4.2 Análise morfológica

No sentido de analisar os diferentes defeitos, observou-se a microscópio algumas peças defeituosas injetadas. A figura seguinte, apresentam a observação ao microscópio dos pontos pretos, ponto brilhantes e raiados.



*Figura 30- Observação a microscópio do pronto preto (a)(escala de 200 nanômetros), pontos brilhantes (b)( escala de 200 nanômetros) e raiado (c)( escala de 500 nanômetros).*

Pela análise da Figura 30, é possível observar o resultado obtido neste ensaio nos diferentes defeitos.





Relativamente ao ponto preto, verifica-se que existe uma boa definição do defeito apresentado. Neste caso, vê-se uma estrutura semelhante aos grânulos do material. Pode-se assumir que se trata de matéria-prima que fica acumulada na peça.

Pela análise ao microscópio do ponto brilhante, pode-se observar um contorno à volta do brilho, este contorno pode estar relacionado com um possível relevo que o defeito possa ter, mas que a olho nu não se vê e nem se deteta passando o dedo. Neste momento, relativamente a este defeito não se consegue retirar grandes conclusões, pois a imagem não é tão ilustrativa como a do defeito anterior, mas á primeira vista aparenta ser material plástico.

O raiado, aparentemente assemelhasse a material que foi arrastado para a superfície da peça. Pela imagem verifica-se que é material fundido, mas seguiu um percurso diferente do normal.

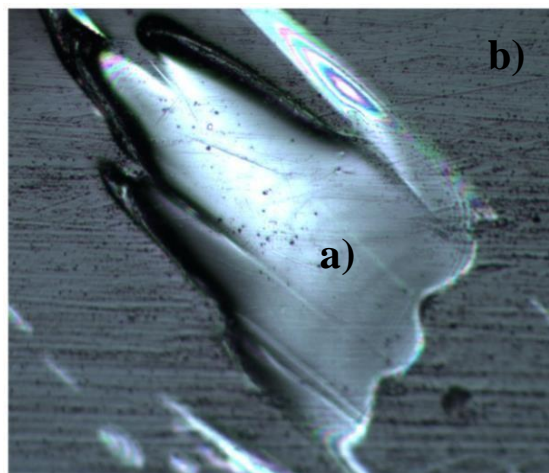
Ao olhar atentamente para o ponto brilhante e para o raiado, pode-se observar que o aspeto de ambos aparenta ser muito semelhante, o que pode querer dizer que o raiado pode estar relacionado com o ponto brilhante.

Estas conclusões são feitas através da imagem a microscópio, mas só fazendo testes futuros à peça é que se pode comprovar se são ou não verdadeiras estas afirmações.

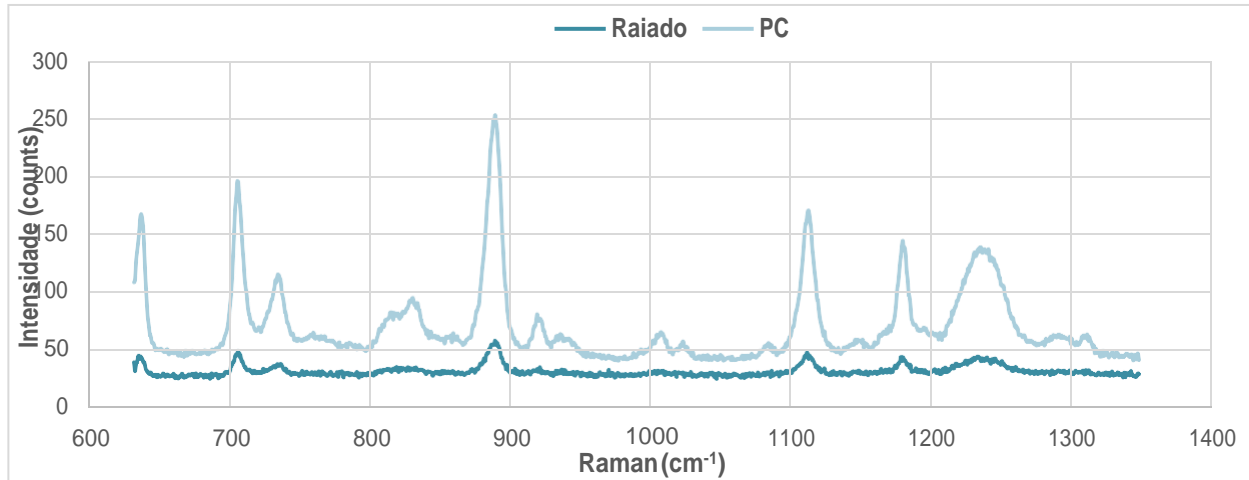
## 4.3 Espetroscopia Raman

### 4.3.1 Análise do raiado

Utilizando a espectroscopia Raman e analisando o defeito em questão, obteve-se as seguintes figuras.



*Figura 31- Raiado analisado pela microscopia Raman onde o a) corresponde ao raiado e o b) corresponde à parte fora do raiado (PC).*



*Figura 32- Espectro Raman do raiado (linha azul escuro corresponde ao espectro do raiado e a linha cinzenta corresponde ao espectro fora do raiado (PC)).*

A Figura 31 revela a parte da amostra observada, destacando com o número 1 o raiado e o número 2 o PC. Estas foram as duas partes analisadas a partir do microscópio com focal Raman.

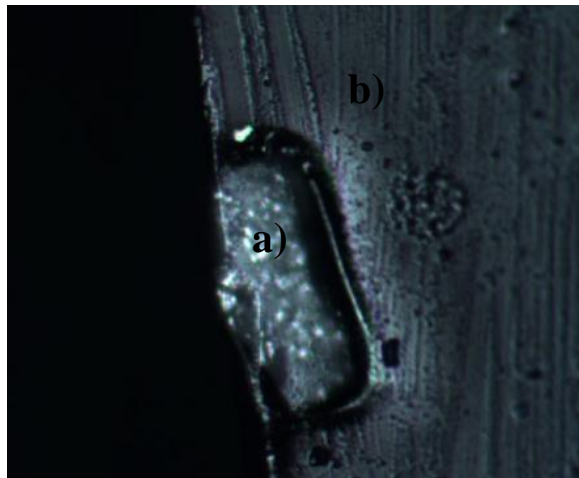
A Figura 32 apresenta o comportamento do espectro de cada amostra analisada.

Através da observação do gráfico espectral e comparando com o espectro do PC, verifica-se que o raiado tem o mesmo comportamento. Constata-se ambos tem os mesmos picos e a única diferença é a intensidade, pois o espectro do raiado tem menos intensidade que o espectro do PC.

Deste modo, percebe-se que o defeito que surge no produto final é material, policarbonato que por algum motivo é arrastado para a superfície da peça.

#### 4.3.2 Análise do ponto brilhante

De acordo com a espectroscopia Raman e analisando o defeito em questão, obtiveram-se as seguintes figuras.



*Figura 33- Ponto Brilhante analisado pela microscopia Raman onde o a) corresponde ao ponto brilhante e o b) corresponde à parte fora do ponto brilhante (PC).*

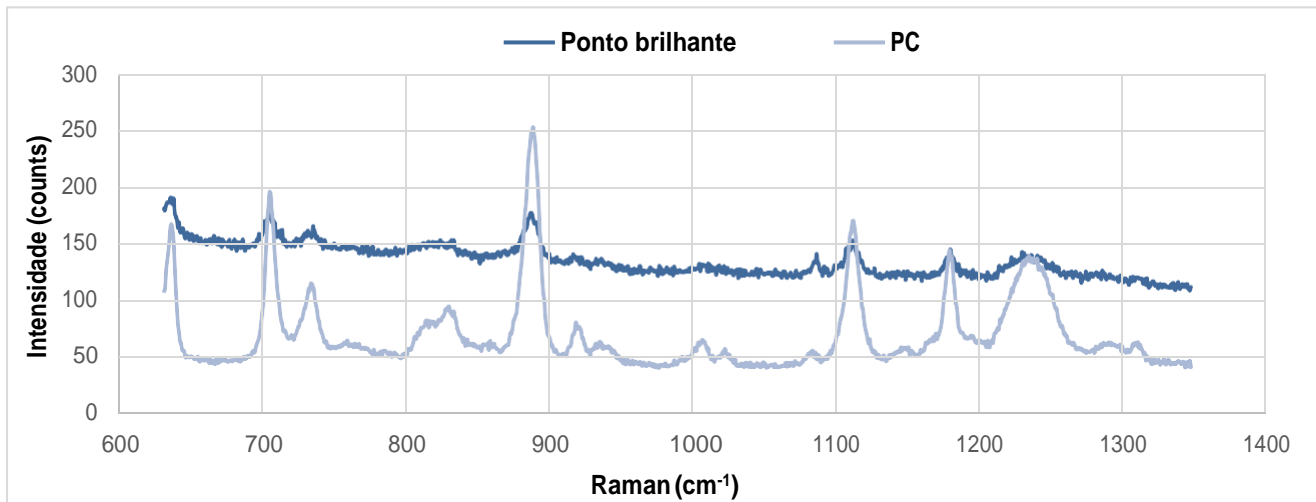


Figura 34- Espectro Raman do ponto brilhante (linha azul escura corresponde ao espectro do ponto brilhante e a linha cinzenta corresponde ao espectro fora do ponto brilhante (PC)).

Na Figura 33 estão descritas as diferentes partes da amostra analisadas, enquanto que a Figura 34 apresenta o espectro correspondente à amostra do ponto brilhante, onde se pode verificar duas linhas de espectro diferentes.

A linha cinzenta corresponde ao espectro fora do brilho, ou seja, material envolvente, enquanto que a linha azul escura corresponde ao defeito, neste caso, o ponto brilhante.

Os espectros de Raman obtidos para a análise do ponto brilhante mostram que todo o material, ponto brilhante e material envolvente, tem a mesma composição.

Os dois espectros apresentam o mesmo sinal e os picos existentes no espectro de PC correspondem aos picos do ponto brilhante com a diferença que têm menos intensidade e mais ruído.

Deste modo, pode-se concluir que o defeito em causa é policarbonato.

#### 4.3.3 Análise do ponto preto

O mesmo método foi utilizado para a observação do ponto preto através da espectroscopia Raman e obteve-se o seguintes figuras.

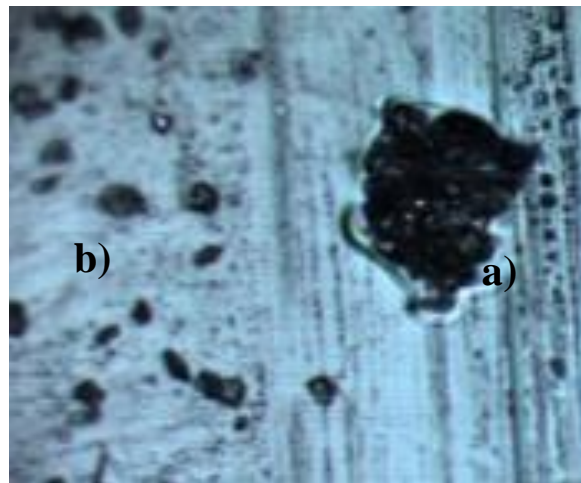


Figura 35- Ponto preto analisado pela microscopia Raman onde o 1 corresponde ao ponto preto e o 2 corresponde à parte fora do ponto preto (PC).

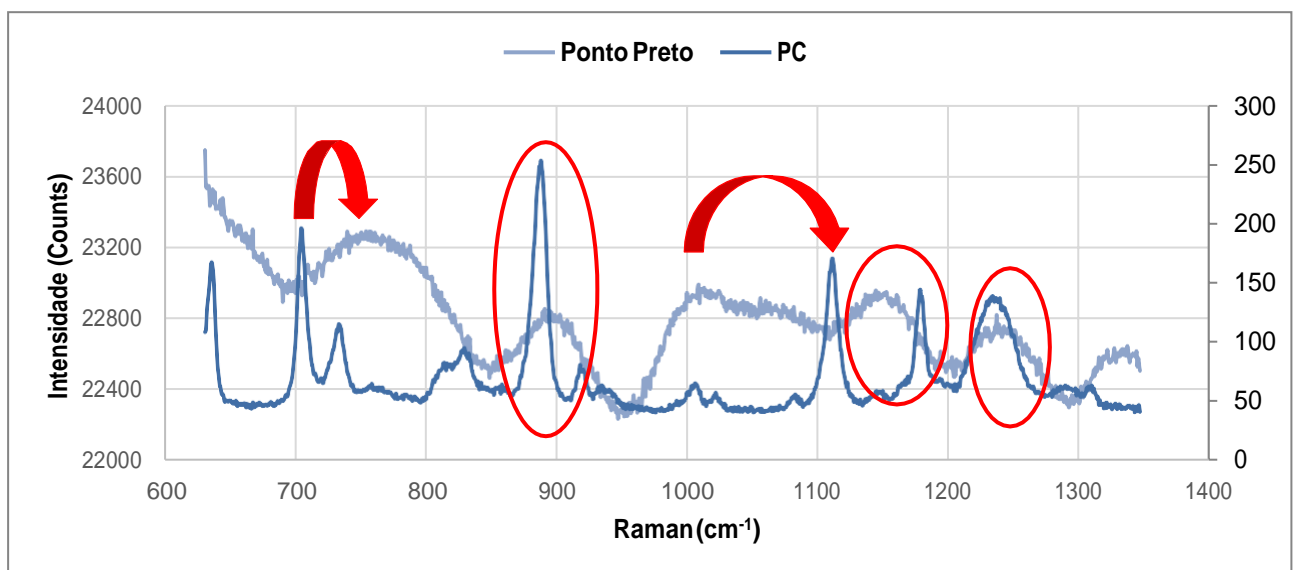


Figura 36- Espectro Raman do ponto preto (linha cor azul escura corresponde ao espectro do fora do ponto preto (PC) e a linha cinzenta corresponde ao espectro do ponto preto).

A partir da Figura 35, pode-se visualizar o defeito em questão visualizado através da espectroscopia Raman.

Por outro lado, na Figura 36 está representado o espectro do ponto preto, onde a linha cinzenta corresponde ao ponto preto e a linha cinzenta azul escura o meio envolvente, policarbonato.

Observando a gama de números de onda da linha cor de laranja verifica-se que aparentemente não apresenta nenhuma banda característica do policarbonato.



Contrariamente ao gráfico anterior, sabe-se que é um material diferente. No entanto, ao observar devidamente o gráfico verifica-se que é muito provável que seja policarbonato mas num estado diferente, pois existem picos (assinalados com o contorno a vermelho na Figura 29) ligeiramente semelhantes, e assim, pode-se depreender que poderá ser policarbonato degradado.

#### 4.3.2.1 Análise do PC degradado

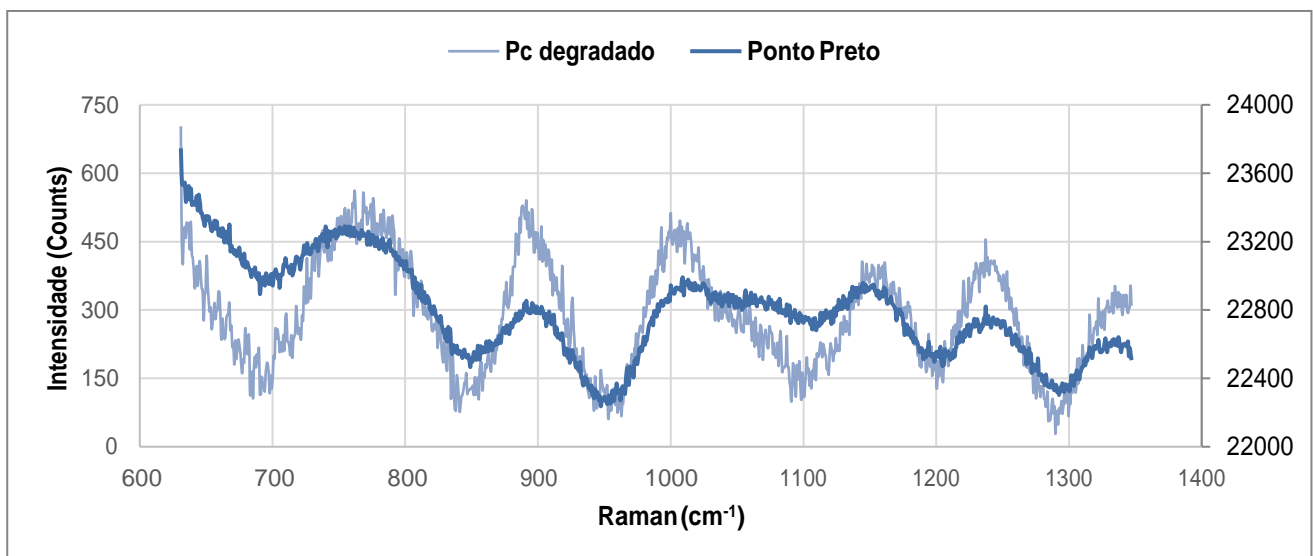
Após a análise do ponto preto no Raman, tentou-se fazer um estudo do que poderia ser o defeito.

Para comprovar a hipótese do espectro do ponto preto ser material degradado, queimou-se grânulos de PC até ficarem visivelmente queimados, a várias temperaturas e tempos diferentes.

Inicialmente estufou-se o material numa mufla a 300°C durante 30 minutos, de seguida 300°C a 40 minutos e 400°C durante 30 minutos, com estas temperaturas/tempos não se conseguiu obter o PC pretendido.

Das amostras analisadas, a amostra escolhida para a análise foi estufada à temperatura de 400°C e durante 40 minutos, pois era a amostra que aparentemente estava mais queimada e assim atingiu-se o aspeto necessário para o estudo.

Analisando esta amostra no Raman, obteve-se o gráfico da Figura 37.



*Figura 37- Espectro de PC degradado ((linha cor de laranja) comparativamente com o ponto preto (linha verde).*

O gráfico acima fornece os dados do espectro do PC degradado e o espectro do ponto preto, para haver uma comparação mais fácil.



Analisando os dois espectros verifica-se que o espectro do PC degradado é semelhante ao espectro de comparação, tendo a mesma composição, pois tem os mesmos picos, mas com diferentes intensidades e ruído.

Assim pode-se concluir que o ponto preto corresponde a policarbonato degradado.

#### 4.3.2.2 Análise das amostras extraídas do parafuso/cilindro

Como foi mencionado anteriormente, os pontos pretos é material degradado/carbonizado.

Deste modo, coloca-se a hipótese do material (PC) ficar acumulado nas paredes do carburador do molde ou no parafuso/cilindro, permanecendo até queimar e depois durante o processo de injeção é libertado aos poucos.

Inicialmente, analisou-se o carburador do molde para verificar se se pode comprovar esta hipótese.

O objetivo desta análise é perceber se o material acumulado no carburador pode conter o material degradado que causa os pontos pretos. Para isso, foram retiradas várias amostras das diferentes partes do carburador.

Neste caso, analisou-se três amostras de cada uma das três partes diferentes do carburador, entrada, bico e ligação carburador-bico.



*Figura 38- Carburador do molde com os diferentes componentes assinalados com contorno a vermelho.*

De acordo com a Figura 38 e a partir da geometria do carburador, percebe-se que o material pode ficar acumulado nas zonas rodeadas, ficando carbonizado e podendo causar os tais defeitos.

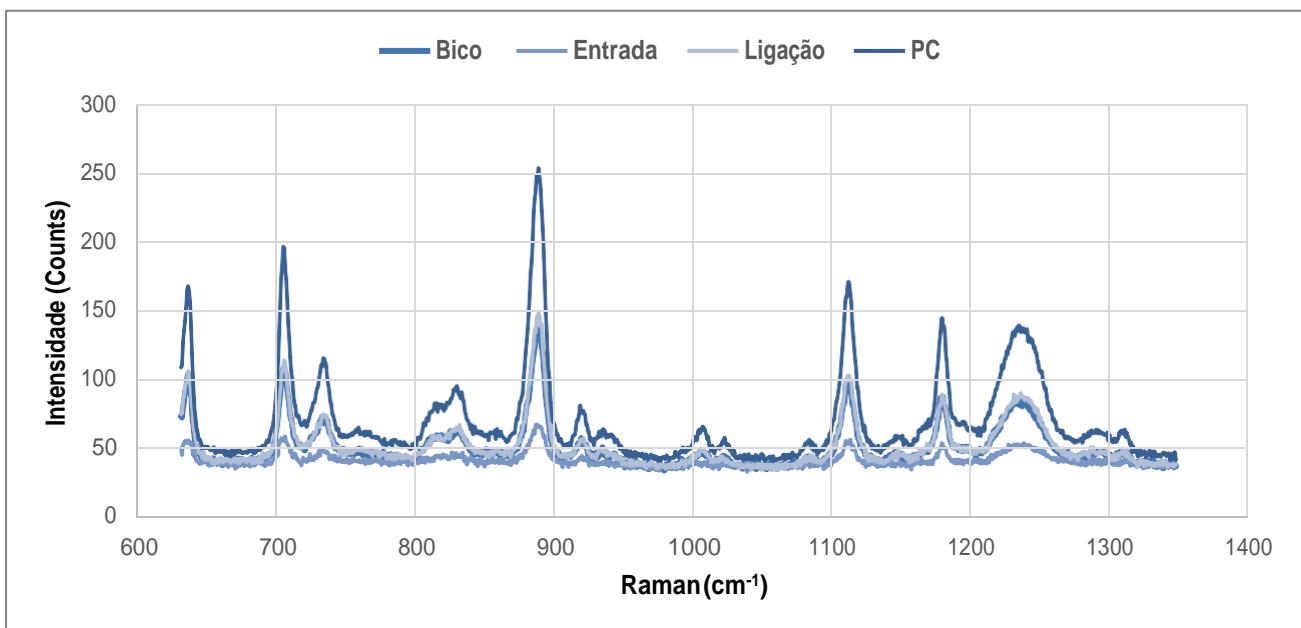


Assim, foi retirado material desses mesmos sítios e foi analisado. Todos os materiais foram analisados na espectroscopia Raman, escolheu-se um para mostrar o gráfico abaixo representado.

Observando a Figura 39, consegue-se perceber que o espectro do material retirado das diferentes partes do carburador comparado com o espectro do policarbonato é o mesmo. Os espectros têm os mesmos picos, mas com diferentes intensidades e ruído.

Logo todo o material retirado da entrada, bico e ligação carburador-bico é policarbonato, não sendo encontrado nenhum material degradado.

Apesar de através deste estudo não ser possível obter nenhuma conclusão, não se exclui esta hipótese, uma vez que se torna-se complicado encontrar uma amostra de material degradado numa área tão grande, ou seja, pode-se retirar várias amostras e essas não serem as suficientes para chegar a uma conclusão.



*Figura 39- Espectro do material retirado das três partes possíveis do carburador (bico linha a azul escuro, entrada linha a azul claro e ligação a verde escuro) e espectro do PC (linha a verde claro).*

Posteriormente ao estudo realizado no carburador do molde, pensa-se que o material carbonizado também pode ficar acumulado no parafuso/cilindro.

Neste procedimento foi usado o mesmo método, mas as amostras foram retiradas do parafuso, pois poderia existir material degradado e acumulado na unidade. O mesmo não se fez no cilindro, pois estava completamente limpo.

A figura 40 demonstra o local onde foi retirada a amostra para análise.



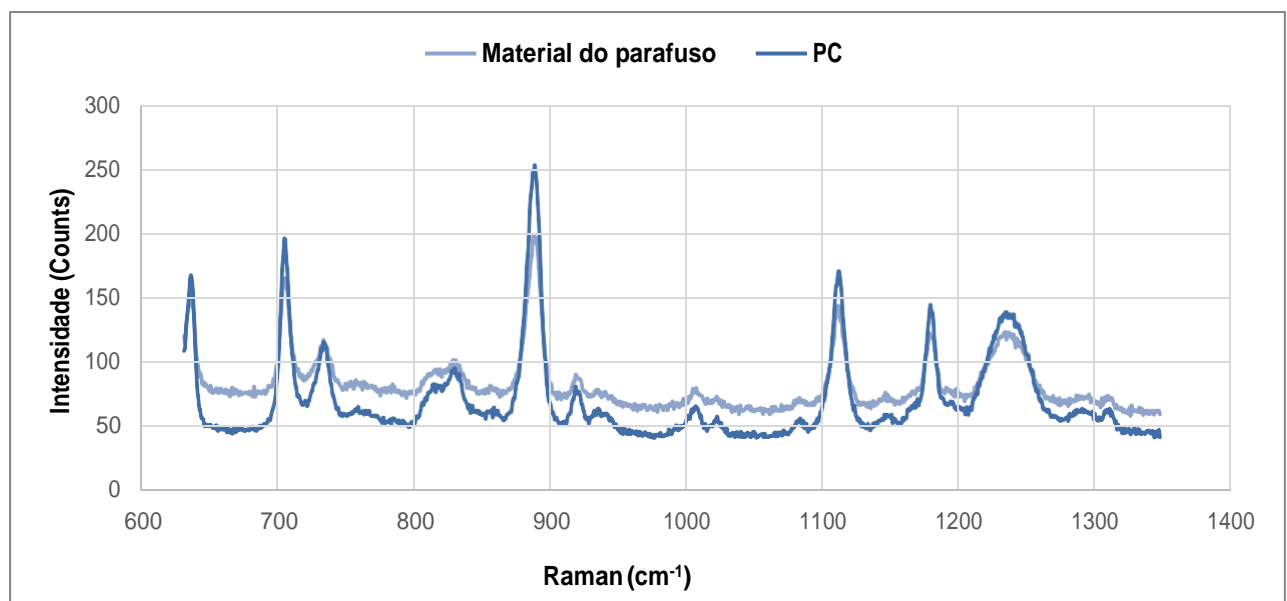


*Figura 40- Parafuso com material acumulado.*

Após realizar a espectroscopia Raman, chega-se à mesma conclusão da análise dos materiais retirados do carburador. O material retirado do parafuso é policarbonato.

Através da análise dos espectros da Figura 41, pode-se verificar isso mesmo. Assim, na análise deste material não foi encontrado policarbonato degradado.

Apesar do estudo da existência de material acumulado no carburador ou no parafuso ser o mesmo, pode-se concluir que há mais tendência para acumular material no carburador. Isto deve-se à geometria desta unidade não ser reta e provocando a possibilidade de retenção de material, enquanto que no parafuso o mesmo não acontece.



*Figura 41- Espectro do material retirado do parafuso.*

Outra justificação para o material acumular no carburador é o facto de este não ser limpo com frequência causando uma acumulação grande de material e isto acontece sempre que a máquina inicia o processo de injeção das lentes, pois injeta muitas peças com pontos pretos.





#### 4.4 Análise dos parâmetros da máquina no processo de injeção

O estudo da análise de parâmetros tem como finalidade avaliar quais as variáveis do processo de injeção que poderão ser consideradas potenciais fontes de defeitos das lentes.

Com esta metodologia de controlo procura-se minimizar o aparecimento de defeitos.

Na Tabela 3 lista-se as variáveis em estudo fornecidas pelo programa inserido da máquina.

*Tabela 3- Parâmetros fornecidos pelo programa da máquina de injeção.*

<b>Item</b>	<b>Descrição</b>	<b>Unidade</b>
1	Contador de injeções (a)	inj
2	Força de fecho (a)	(KN)
3	Contador de ciclos de injeção (a)	(inj)
4	Contador de peças valor real (a)	(inj)
5	Bico unidade 1	(C°)
6	Bico unidade 2	(C°)
7	Dispositivo de têmpera zona 1 (Termorregulador 1)	(C°)
8	Dispositivo de têmpera zona 10 (b)	(C°)
9	Dispositivo de têmpera zona 11 (b)	(C°)
10	Dispositivo de têmpera zona 12 (b)	(C°)
11	Dispositivo de têmpera zona 13 (b)	(C°)
12	Dispositivo de têmpera zona 14 (b)	(C°)
13	Dispositivo de têmpera zona 15 (b)	(C°)
14	Dispositivo de têmpera zona 2 (Termorregulador 2) (b)	(C°)
15	Dispositivo de têmpera zona 3 (b)	(C°)
16	Dispositivo de têmpera zona 4 (b)	(C°)
17	Dispositivo de têmpera zona 5 (b)	(C°)
18	Dispositivo de têmpera zona 6 (b)	(C°)
19	Dispositivo de têmpera zona 7 (b)	(C°)
20	Dispositivo de têmpera zona 8 (b)	(C°)
21	Dispositivo de têmpera zona 9 (b)	(C°)
22	Fluxo termorregulador zona 10 (b)	(C°)
23	Fluxo termorregulador zona 11 (b)	(C°)
24	Fluxo termorregulador zona 12 (b)	(C°)



25	Fluxo termorregulador zona 13 (b)	(C°)
26	Fluxo termorregulador zona 14 (b)	(C°)
27	Fluxo termorregulador zona 15 (b)	(C°)
28	Fluxo termorregulador zona 2 (b)	(C°)
29	Fluxo termorregulador zona 3 (b)	(C°)
30	Fluxo termorregulador zona 4 (b)	(C°)
31	Fluxo termorregulador zona 5 (b)	(C°)
32	Fluxo termorregulador zona 6 (b)	(C°)
33	Fluxo termorregulador zona 7 (b)	(C°)
34	Fluxo termorregulador zona 8 (b)	(C°)
35	Fluxo termorregulador zona 9 (b)	(C°)
36	Molde 1 (Zona 1 de aquecimento do molde) (c)	(C°)
37	Molde 2 (Zona 2 de aquecimento do molde) (c)	(C°)
38	Molde 3 (Zona 3 de aquecimento do molde) (c)	(C°)
39	Molde 4 (Zona 4 de aquecimento do molde)	(C°)
40	Molde 5 (Zona 5 de aquecimento do molde)	(C°)
41	Molde 6 (Zona 6 de aquecimento do molde)	(C°)
42	Molde 7 (Zona 7 de aquecimento do molde)	(C°)
43	Molde 8 (Zona 8 de aquecimento do molde)	(C°)
44	Temperatura do óleo	(C°)
45	Tremonha unidade 1	(C°)
46	Tremonha unidade 2	(C°)
47	Zona do cilindro 1 (zona 1 de aquecimento do cilindro unidade 1)	(C°)
48	Zona do cilindro 1 (zona 1 de aquecimento do cilindro unidade 1)	(C°)
49	Zona do cilindro 2 (zona 1 de aquecimento do cilindro unidade 1)	(C°)
50	Zona do cilindro 2 (zona 1 de aquecimento do cilindro unidade 1)	(C°)
51	Zona do cilindro 3 (zona 1 de aquecimento do cilindro unidade 1)	(C°)
52	Zona do cilindro 3 (zona 1 de aquecimento do cilindro unidade 1)	(C°)
53	Valor do pico da contração específica 1 (Contração unidade 1)	(cm <sup>3</sup> )
54	Valor do pico da contração específica 2 (Contração unidade 2)	(cm <sup>3</sup> )
55	Menor valor de reserva de massa 1 (Menor valor de almofada unidade 1)	(cm <sup>3</sup> )



56	Menor valor de reserva de massa 2 (Menor valor de almofada unidade 2)	(cm <sup>3</sup> )
57	Pressão específica ao comutar 1 (1ª Pressão unidade 1)	(Bar)
58	Pressão específica ao comutar 2 (1ª Pressão unidade 2)	(Bar)
59	Pressão específica de injeção valor de pico 1 (Pressão de injeção unidade 1)	(Bar)
60	Pressão específica de injeção valor de pico 2 (Pressão de injeção unidade 2)	(Bar)
61	Valor do pico de pressão específica de recalque 1 (2ª Pressão unidade 1)	(Bar)
62	Valor do pico de pressão específica de recalque 2 (2ª Pressão unidade 2)	(Bar)
63	Reserva de massa depois do recalque 1 (Almofada depois da 2ª Pressão unidade 1)	(cm <sup>3</sup> )
64	Reserva de massa depois do recalque 2 (Almofada depois da 2ª Pressão unidade 2)	(cm <sup>3</sup> )
65	Reserva de massa no fim do recalque 1 (Almofada no fim da 2ª Pressão unidade 1)	(cm <sup>3</sup> )
66	Reserva de massa no fim do recalque 2 (Almofada no fim da 2ª Pressão unidade 2)	(cm <sup>3</sup> )
67	Tempo de ciclo até ao final da desmoldagem	(s)
68	Volume de injeção unidade 1	(cm <sup>3</sup> )
69	Volume de injeção unidade 2	(cm <sup>3</sup> )

De modo a facilitar o estudo e analisando os parâmetros mencionados anteriormente, foi necessário eliminar alguns dos parâmetros que cantador é igual a zero (a), que não influenciam o aparecimento dos defeitos (b) e que o valor dos parâmetros ao longo do dia é sempre o mesmo (c).



#### 4.4.1 Elaboração PCA

No sentido de avaliar os parâmetros registados ao longo do processo de produção de injeção, foram aplicados métodos de quimiometria (PCA) cujo objetivo é relacionar parâmetros com os defeitos.

Para se aplicar a metodologia da análise do componente principal foi necessário a elaboração de uma matriz de dados, utilizando os parâmetros anteriormente mencionados.

Como o objetivo era verificar se existe alguma relação entre os parâmetros de processo de injeção e o aparecimento dos defeitos, dividiu-se o estudo em três matrizes, mantendo os valores dos parâmetros e diferenciando simplesmente o número de defeitos. Estes valores foram preparados tendo em conta uma produção inteira, efetuada em quatro dias, durante as 24 horas.

Para a análise dos defeitos, foram utilizadas as matrizes que se podem encontrar no Anexo XII, XIII e XIV.

A primeira coluna da matriz corresponde a cada dia de produção, designado por D1, D2, D3 e D4 e a respetiva hora de produção, desde a meia noite que corresponde ao H0, até ao H23 que corresponde às onze da noite. No D1 o horário de produção iniciou às 11 horas (D1H11), por isso não está registado na matriz as horas a partir da meia noite.

A coluna dos defeitos corresponde aos defeitos existente a cada hora de produção. As restantes variáveis representam todos os parâmetros em estudo. Estes valores de temperatura, tempo de ciclo, volume de injeção, pressão e almofada retratam a quantidade de vezes que o valor de cada variável foi maior ou menor ao valor padrão.

As tabelas seguintes apresentam a legenda dos diferentes parâmetros, onde os a's correspondem às temperaturas, os b's ao tempo de ciclo, os c's ao volume de injeção, os d's representam as pressões e finalmente os e's equivalem à almofada.

*Tabela 4- Parâmetros da máquina relacionados com a temperatura.*

<b>a1-</b> Bico unidade 1 menor	<b>a9-</b> Molde 1 menor	<b>a17-</b> Tremonha unidade 1 menor	<b>a25-</b> Zona Cilindro 2 unidade 1 menor
<b>a2-</b> Bico unidade 1 maior	<b>a10-</b> Molde 1 maior	<b>a18-</b> Tremonha unidade 1 maior	<b>a26-</b> Zona Cilindro 2 unidade 1 maior
<b>a3-</b> Bico unidade 2 menor	<b>a11-</b> Molde 2 menor	<b>a19-</b> Tremonha unidade 2 menor	<b>a27-</b> Zona Cilindro 2 unidade 2 menor



<b>a4-</b> Bico unidade 2 maior	<b>a12-</b> Molde 2 maior	<b>a20-</b> Tremonha unidade 2 maior	<b>a28-</b> Zona Cilindro 2 unidade 2 maior
<b>a5-</b> Termorregulador unidade 1 menor	<b>a13-</b> Molde 3 menor	<b>a21-</b> Zona Cilindro 1 unidade 1 menor	<b>a29-</b> Zona Cilindro 3 unidade 1 menor
<b>a6-</b> Termorregulador unidade 1 maior	<b>a14-</b> Molde 3 maior	<b>a22-</b> Zona Cilindro 1 unidade 1 maior	<b>a30-</b> Zona Cilindro 3 unidade 1 maior
<b>a7-</b> Termorregulador unidade 2 menor	<b>a15-</b> Temperatura do óleo menor	<b>a23-</b> Zona Cilindro 1 unidade 2 menor	<b>a31-</b> Zona Cilindro 3 unidade 2 menor
<b>a8-</b> Termorregulador unidade 2 maior	<b>a16-</b> Temperatura do óleo maior	<b>a24-</b> Zona Cilindro 1 unidade 2 maior	<b>a32-</b> Zona Cilindro 3 unidade 2 maior

*Tabela 5- Parâmetros de máquina relacionados com o tempo de ciclo.*

<b>b1-</b> Tempo de ciclo menor
<b>b2-</b> Tempo de ciclo maior

*Tabela 6- Parâmetros relacionados com o volume de injeção.*

<b>c1-</b> Volume de injeção 1 menor	<b>c3-</b> Volume de injeção 2 menor
<b>c2-</b> Volume de injeção 1 maior	<b>c4-</b> Volume de injeção 2 maior

*Tabela 7- Parâmetros da máquina relacionados com a pressão.*

<b>d1-</b> Contrapressão unidade 1 menor	<b>d5-</b> 1ª Pressão unidade 1 menor	<b>d9-</b> Pressão de injeção unidade 1 menor	<b>d1-</b> 2ª pressão unidade 1 menor
<b>d2-</b> Contrapressão unidade 1 maior	<b>d6-</b> 1ª Pressão unidade 1 maior	<b>d10-</b> Pressão de injeção unidade 1 maior	<b>d14-</b> 2ª pressão unidade 1 maior
<b>d3-</b> Contrapressão unidade 2 menor	<b>d7-</b> 1ª Pressão unidade 2 menor	<b>d11-</b> Pressão de injeção unidade 2 menor	<b>d15-</b> 2ª pressão unidade 2 menor
<b>d4-</b> Contrapressão unidade 2 maior	<b>d8-</b> 1ª Pressão unidade 2 maior	<b>d12-</b> Pressão de injeção unidade 2 maior	<b>d16-</b> 2ª pressão unidade 2 maior

*Tabela 8- Parâmetros da máquina relacionados com a almofada.*

<b>e1-</b> Menor almofada unidade 1 menor	<b>e5-</b> Almofada depois da 2ª pressão unidade 1 menor	<b>e9-</b> Almofada no fim da 2ª pressão unidade 1 menor
<b>e2-</b> Menor almofada unidade 1 maior	<b>e6-</b> Almofada depois da 2ª pressão unidade 1 maior	<b>e10-</b> Almofada no fim da 2ª pressão unidade 1 maior



<b>e3-</b> Menor almofada unidade 2 menor	<b>e7-</b> Almofada depois da 2ª pressão unidade 2 menor	<b>e11-</b> Almofada no fim da 2ª pressão unidade 2 menor
<b>e4-</b> Menor almofada unidade 2 maior	<b>e8-</b> Almofada depois da 2ª pressão unidade 2 maior	<b>e12-</b> Almofada no fim da 2ª pressão unidade 2 maior

Após a organização dos dados foram elaborados vários gráficos, com recurso ao software R, onde é possível observar a correlação dos defeitos com os parâmetros do processo de injeção.

A primeira matriz a ser estudada foi a dos pontos brilhantes.



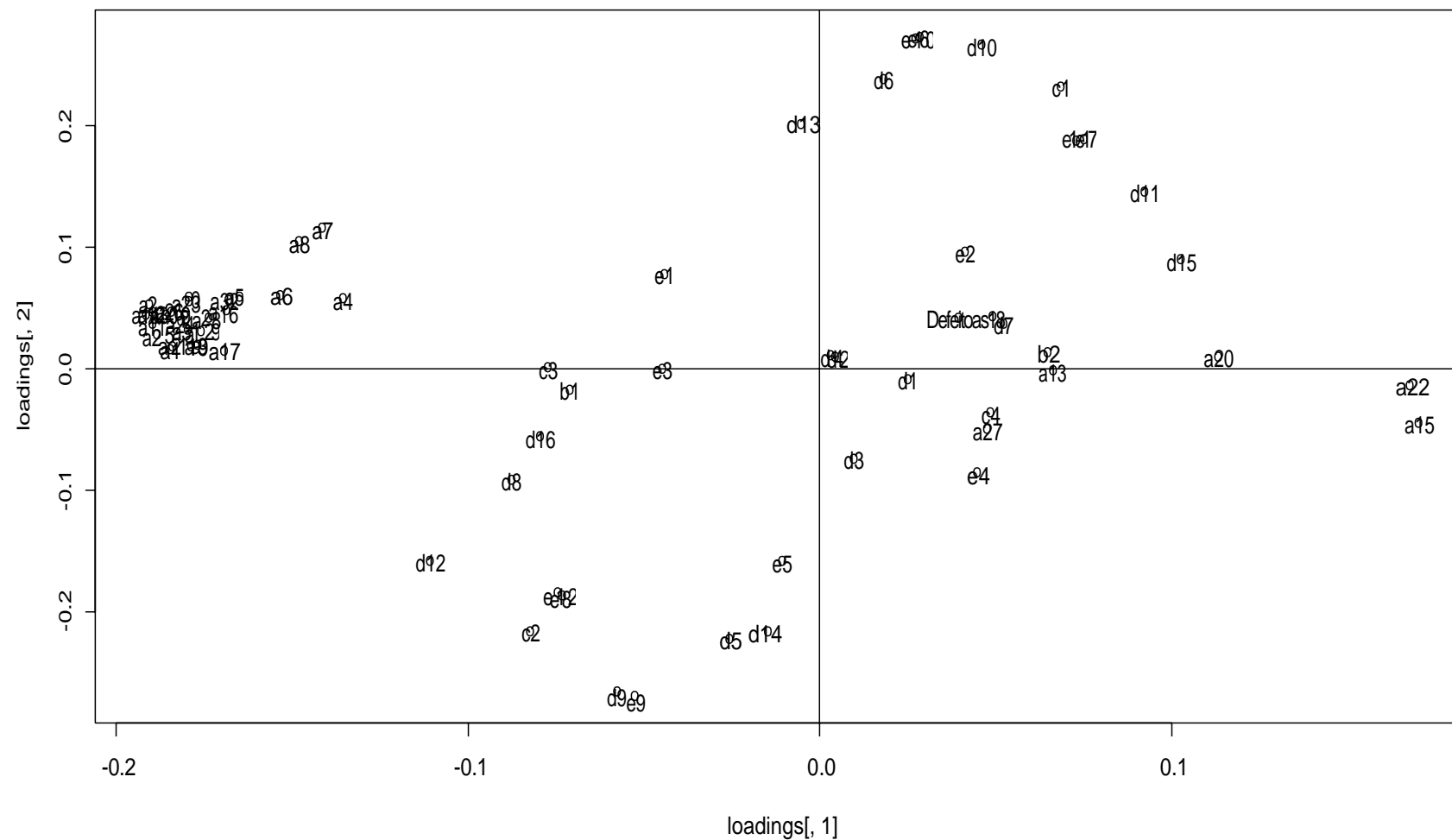


Figura 43- Gráfico dos loadings (variação dos pontos brilhantes e parâmetros do processo).



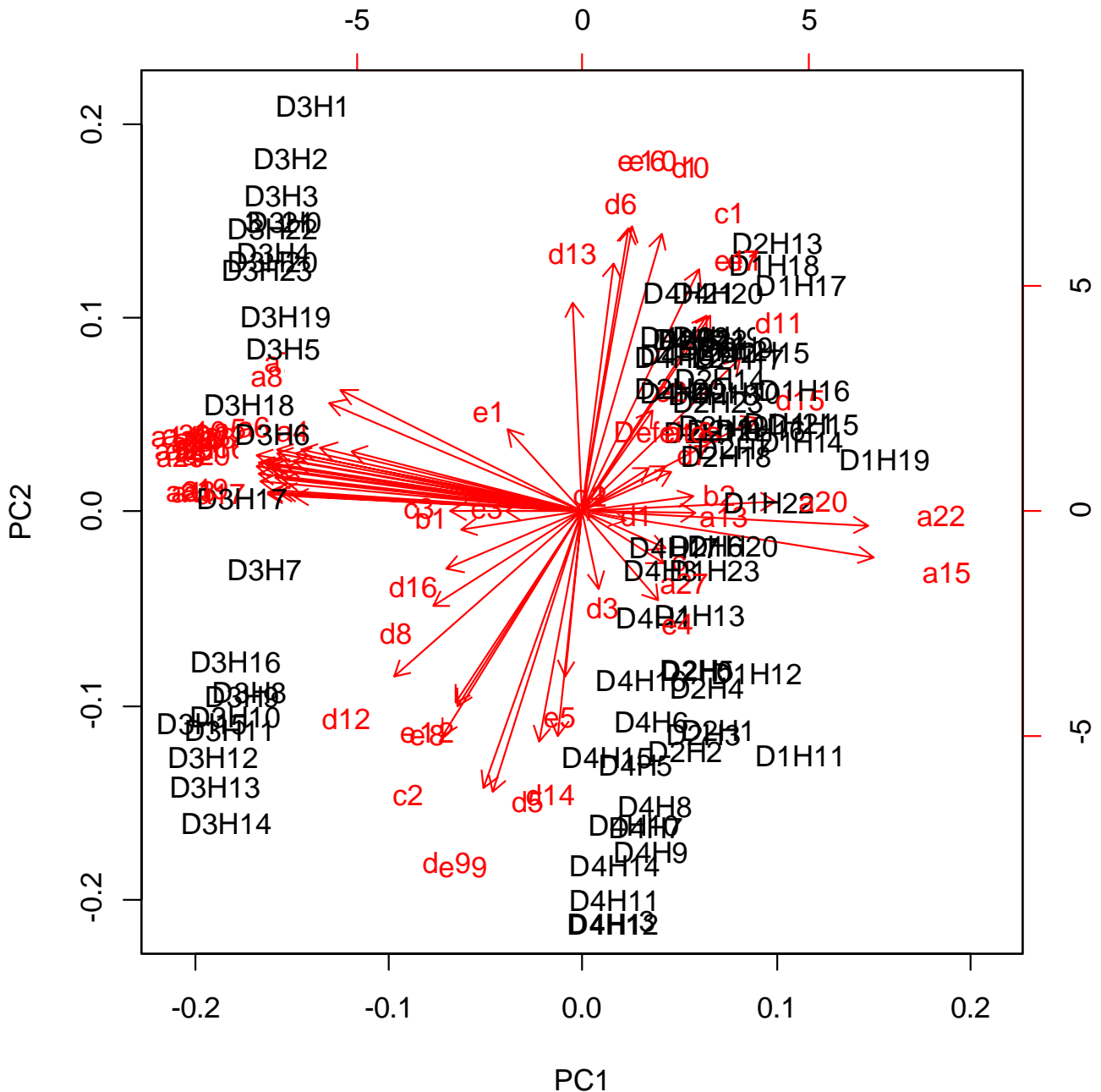


Figura 44- Gráfico biplot das amostras e parâmetros do processo de produção.

Através do estudo do gráfico das scores (amostras) da Figura 42, consegue-se perceber que os diferentes dias de produção tem comportamentos distintos. Sabe-se que o dia D3 comparativamente com os dias D1, D2 e D4 tem desempenhos opostos, enquanto que o comportamento de D1, D2 e D4 são muito semelhantes entre si no desenrolar da produção. Depreende-se que para dias diferentes de produção, vai-se ter diferentes variáveis a influenciar o processo



de injeção. Este gráfico é igual em todos os defeitos, pois as amostras (dias/horas de produção) são iguais.

Foi elaborado um gráfico dos loadings (Figura 43), que permite observar a variação dos parâmetros durante o processo de injeção.

No sentido de verificar a influência que os parâmetros têm no aparecimento dos defeitos, houve especial atenção aos defeitos em relação aos restantes parâmetros.

Neste sentido, verifica-se que os parâmetros que mais se relacionam com os defeitos, neste caso, os pontos brilhantes, são a18 (tremonha unidade 1 maior) e d7 (Pressão unidade 2 menor).

A variável D16 (2ª pressão unidade 2 maior) é diametralmente oposta, ou seja, sempre que esta variável diminuiu os defeitos aumentam ou vice-versa. As restantes variáveis são insignificativas para o aparecimento dos pontos brilhantes.

Através da observação do gráfico biplot da Figura 44, que fornece a relação entre amostras e os parâmetros, nota-se que os dias D1 e D2 tem um valor mais elevado no impacto dos defeitos. Neste gráfico, também se pode concluir que cada dia (D1, D2, D3 e D4) há uma variação de parâmetros diferente, o que significa que cada dia é afetado por diferentes variáveis.

Verifica-se que nos defeitos os parâmetros com valor mais elevado são novamente o a18 e d7, pois têm um ângulo de aproximadamente zero, o que significa que tem grande influência no aparecimento dos pontos brilhantes no processo de injeção.

Confirma-se que a variável diametralmente oposta é a d16 (2ª pressão unidade 2 maior).

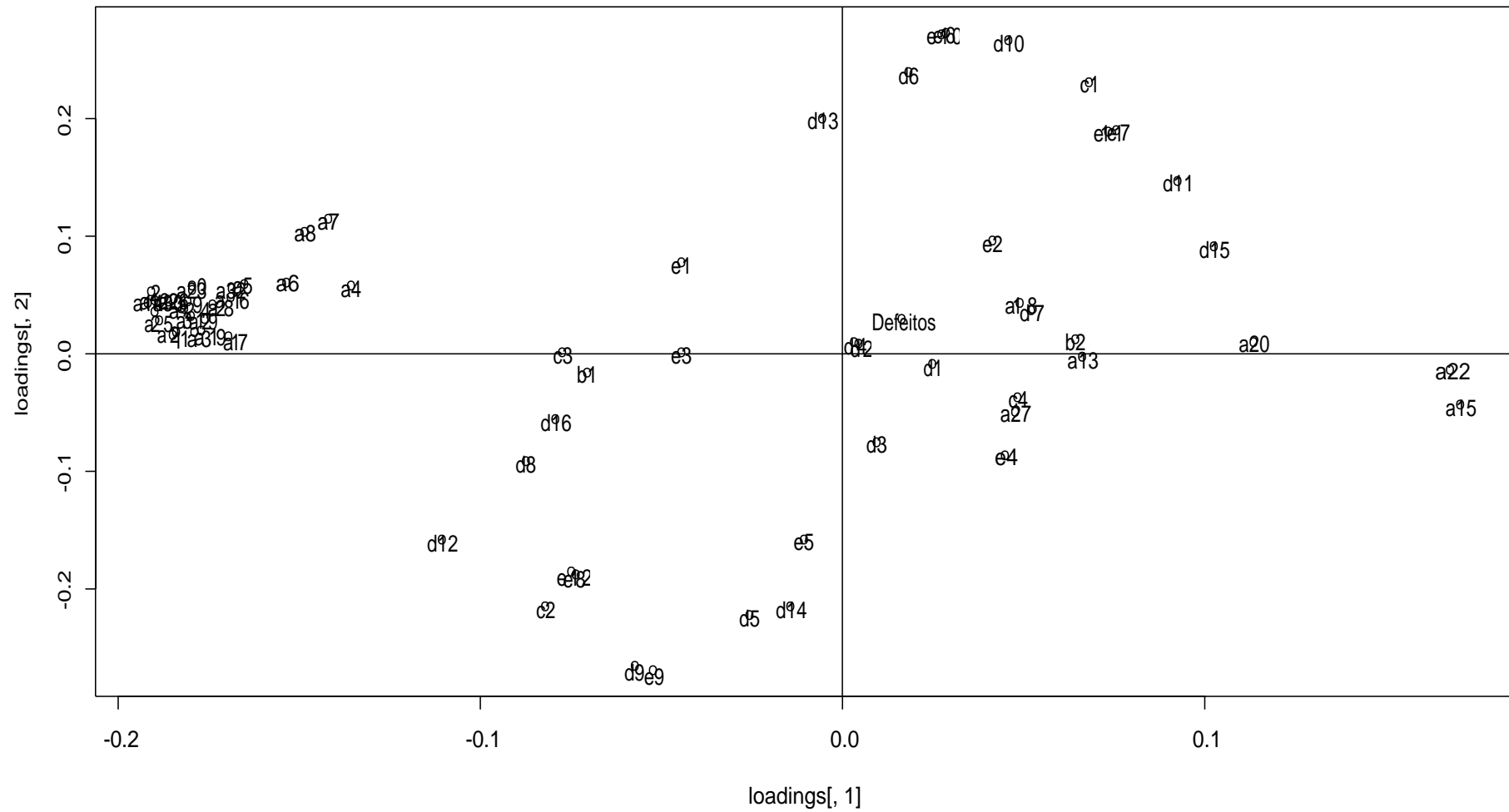


Figura 45- Gráfico dos loadings (variação dos pontos pretos e parâmetros do processo).

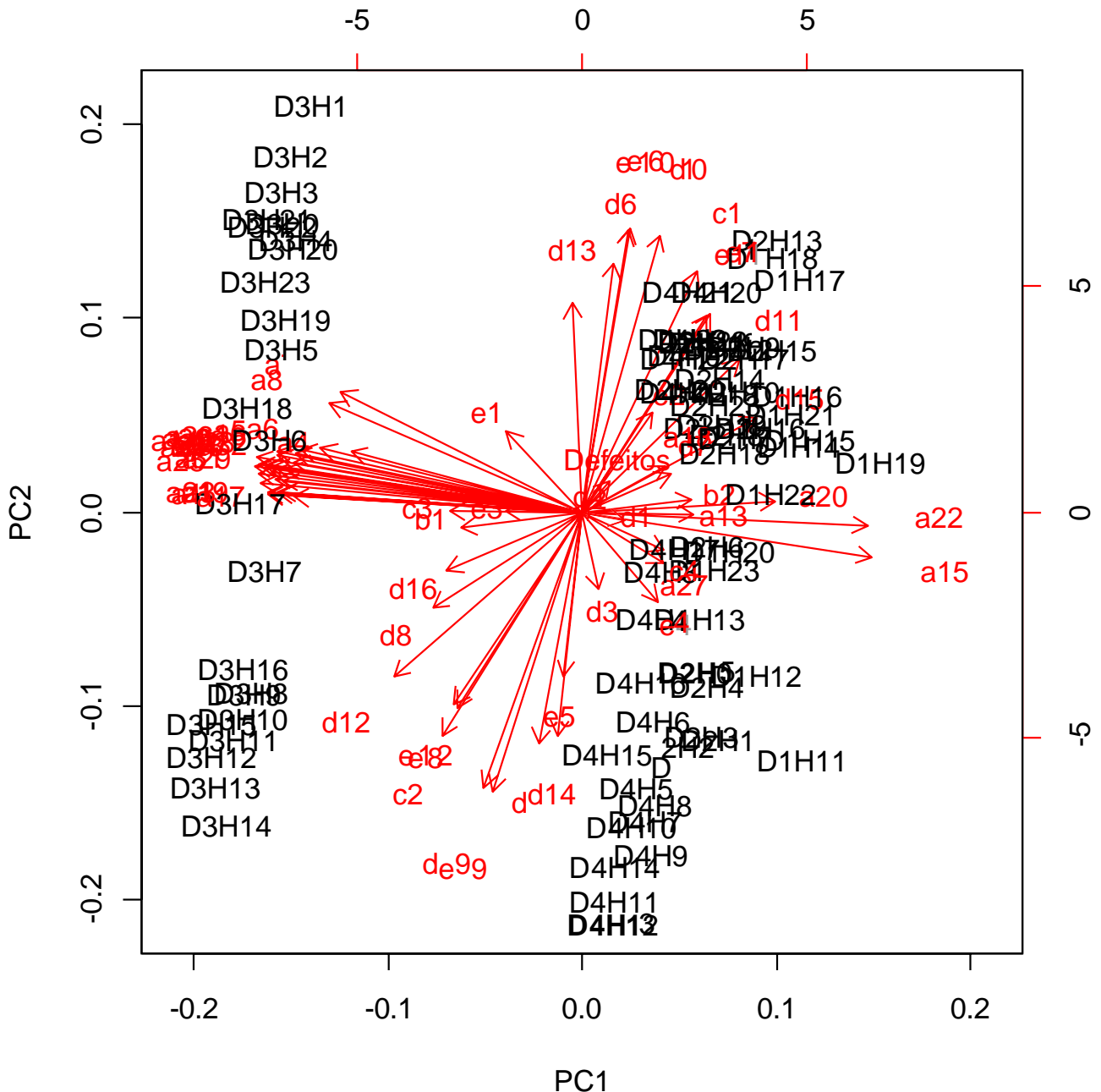


Figura 46- Gráfico biplot da variação das amostras e dos parâmetros do processo de injeção.

A matriz estudada de seguida é a dos pontos pretos.

Neste caso, pela observação da Figura 45, pode-se concluir que não há nenhuma variável que tenha uma influencia direta para o aparecimento dos defeitos.

Sabe-se a partir deste método que os parâmetros mais próximos do centro, do ponto (0,0), à partida representam um menor impacto para este estudo. Sabendo isto, todas as variáveis que estão próximas dos defeitos, também estão próximas do centro, logo não tem qualquer impacto.



O mesmo acontece no gráfico da Figura 46, a variável dos defeitos está próxima do centro, logo não há impacto sobre estes. Por outro lado, no desenrolar da produção há diferentes parâmetros a variar nos diferentes dias.

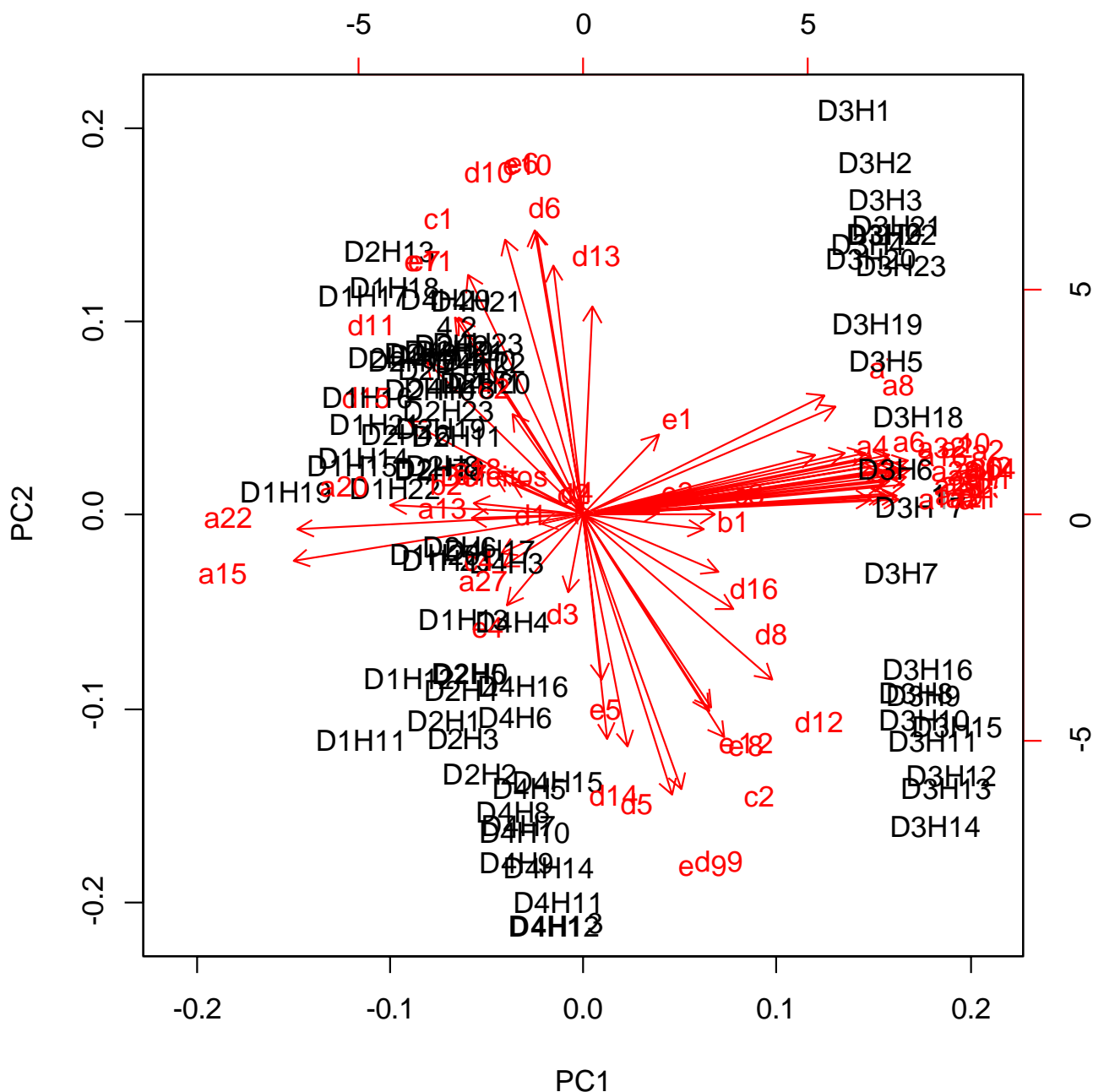


Figura 47- Gráfico biplot da variação das amostras e dos parâmetros do processo de injeção.

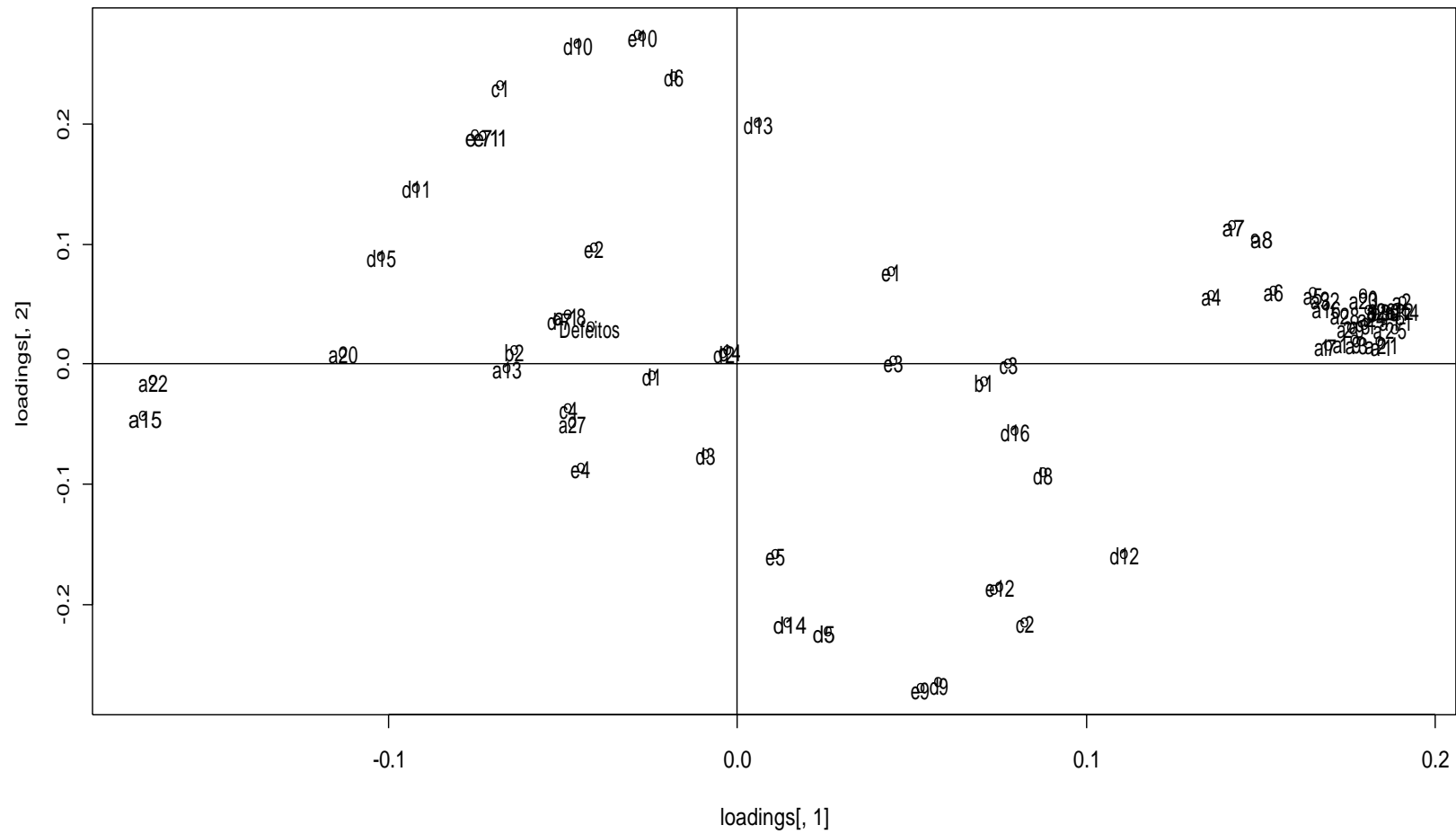


Figura 48- Gráfico dos loadings da variação dos raiados e parâmetros do processo de injeção.



A partir da matriz dos raiados obteve-se o gráfico da Figura 48, onde se verifica que as variáveis a18 (tremonha unidade 1 maior) e d7 (Pressão unidade 2 menor) são as variáveis com maior impacto. Estes parâmetros são vetores dependentes, ou seja, o aumento de uma destas variáveis vai causar um aumento nas restantes, por outro lado, a variável que tem uma influência diametralmente oposta aos defeitos é d16. Esta conclusão é igual ao gráfico de loadings dos pontos brilhantes.

Foi também elaborado um gráfico biplot no sentido de perceber a relação das amostras com os parâmetros. Verifica-se como no gráfico da Figura 47, os dias D1 e D2 tem maior influência no aparecimento dos defeitos.

Segundo a observação a este gráfico, comprova-se que os defeitos parecem relacionar-se mais com o conjunto de variáveis a18 (tremonha unidade 1 maior) e d7 (Pressão unidade 2 menor).

Em suma, os resultados conseguidos pela análise do componentes principal, estavam corretos se a percentagem cumulativa dos dois primeiros PCA's fosse maior que 60%. A percentagem cumulativa indica a variação dos dados, ou seja, se a variação for pequena não há grande influência no estudo.

Neste caso, a percentagem é inferior a 50%, exatamente 36% e 15 % o que significa que apesar de se conseguir saber de todos os parâmetros os que podem influenciar o aparecimento de defeitos, estes não têm grande influência sobre estes, ou seja, há outros fatores a considerar.

Outro fator importante é o facto dos parâmetros mais próximos do centro, do ponto (0,0), representam menor impacto para este estudo. Consegue-se perceber pelos três gráficos de loadings que os defeitos e os parâmetros estão muito próximos do zero, o que significa que não tem grande relevância.

Ao observar os três gráficos biplot entende-se que para cada dia os parâmetros que influenciam o aparecimento dos defeitos são diferentes. Sabe-se pela Figura 42, que os dias D1, D2 e D4 têm um comportamento diferente relativamente ao dia D3.

No gráfico da Figura 45, 46 e 47 pode-se comprovar que os dias D1 e D2 influenciam mais o aparecimento dos defeitos e os restantes dias tem condutas distintas.

O objetivo é verificar se com a alteração dos parâmetros surgem os defeitos, neste sentido, tem lógica serem sempre os mesmo parâmetros a influenciar este estudo nos diferentes dias,



uma vez que os defeitos aparecem nas lentes também são sempre os mesmos, e assim, pode-se agir no sentido de resolver estas anomalias.

Outra conclusão que se pode retirar a partir da observação dos gráficos é o facto dos gráficos dos pontos brilhantes e dos raiados serem iguais, ou seja, os raiados podem estar relacionados com os pontos brilhantes ou vice versa. Em relação aos pontos pretos, estes não foram associados a nenhum parâmetro, uma vez que a causa deste defeito deve-se a acumulação de material junto das paredes do molde e consequente degradação.

Sendo a variação dos valores baixas e as variáveis que influenciam não têm grande impacto de acordo com o dia, significa que há fatores externos a provocar os defeitos e não as variáveis do processo.

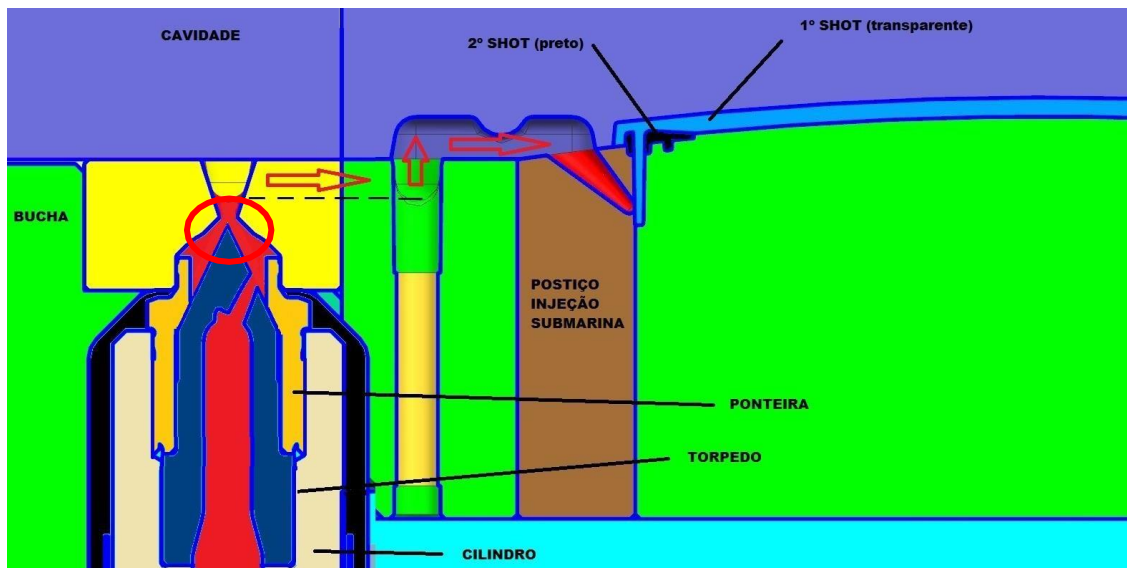
#### 4.5 Propostas de melhoria para diminuição dos defeitos

Este ano realizaram-se ações de melhoria no molde com o objetivo de reduzir o valor de FTQ% constatado em 2017 (Figura 19) e consequentemente reduzir o aparecimento de defeitos.

Assim foram realizadas no ano de 2018 as seguintes intervenções no molde:

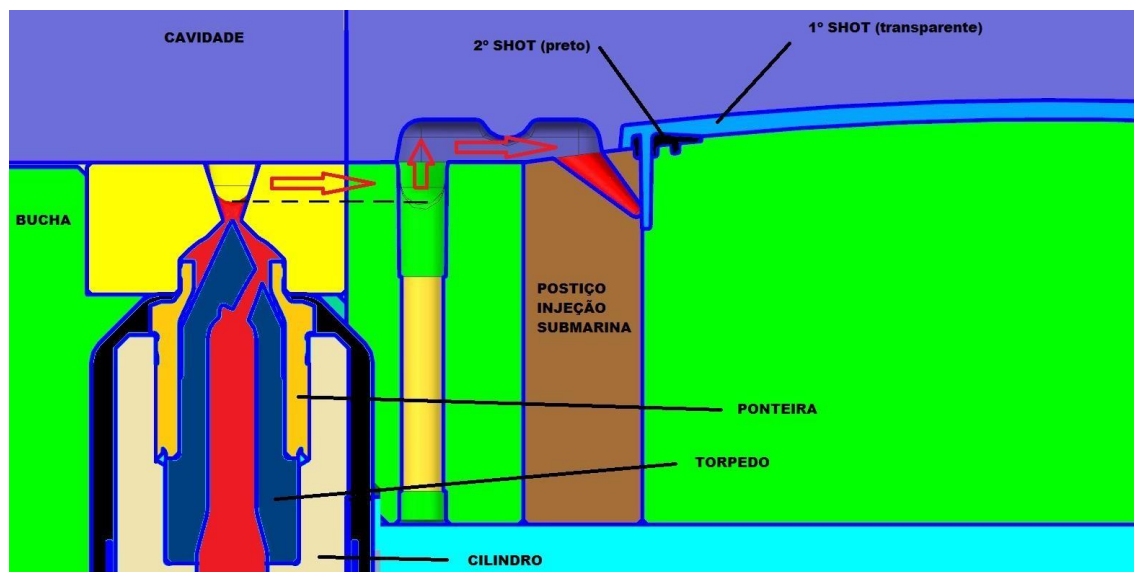
- ✓ Pontos pretos, pontos brilhantes e raiados- Sensibilização para todos os operadores, com intuito de melhorar a avaliação dos defeitos.
- ✓ Pontos pretos- Promover o gradual aquecimento / arrefecimento de cada zona do sistema do canal quente, isto é, aumentar a temperatura gradualmente no sentido de não existir material queimado devido a temperaturas muito elevadas.
- ✓ Raiados- Intervenção no molde com o avanço de 0,4 mm do torpedo, para permitir que o material frio não fique no final do torpedo. Este avanço interfere na descompressão que também é importante para este defeito. As figuras seguintes representam o torpedo antigo e o novo inserido no molde.





*Figura 49- Ilustração do torpedo antes do avanço.*

Através da observação da Figura 49, constata-se que a zona rodeada a vermelho tende a acumular material. Este material frio pode avançar na frente de fluxo e dar origem a raiados ou arrefecer de tal maneira que não permite sequer a injeção da peça. As setas indicam o percurso do fluido.

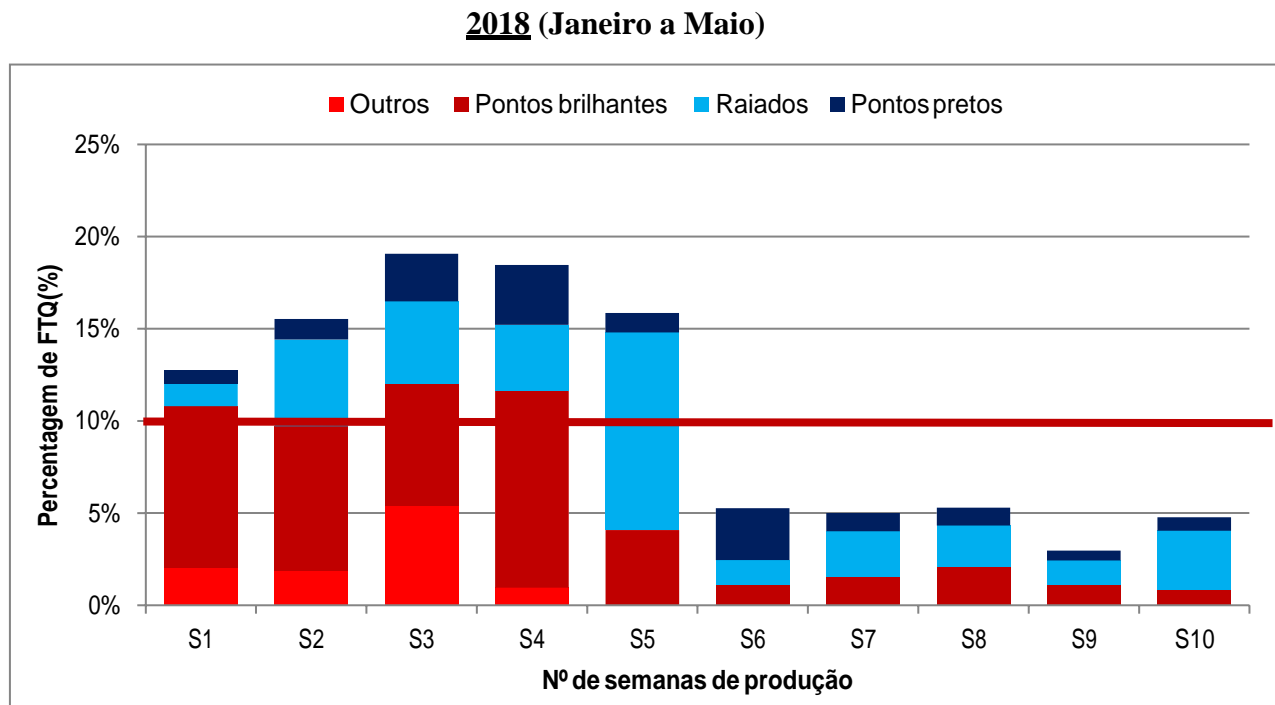


*Figura 50- Ilustração do torpedo depois do avanço.*



A Figura 50, evidencia o avanço do torpedo. Este avanço permite que o material não fique acumulado no bico, evitando o arrefecimento deste, permitindo jogar com a descompressão e assim, os raiados deixam eventualmente de surgir na peça.

Após a realização das ações mencionadas anteriormente, para melhorar os problemas fez-se de novo a avaliação durante os meses de produção de 2018 e obteve-se as seguintes percentagens de defeitos ilustradas na Figura 51.



*Figura 51- Análise da percentagem de defeitos durante o ano de 2018 (Janeiro a Maio).*

O gráfico representa a variação da percentagem de defeitos entre os meses de Janeiro a Maio.

Comparando o ano de 2017 com o início deste ano, verifica-se que a percentagem máxima dos pontos pretos e dos pontos brilhantes manteve-se idêntica, mas a percentagem de raiados diminuiu radicalmente.

Ao analisar o gráfico, percebe-se que na semana cinco, surgiram muitos raiados e não só no início de produção. Através da observação da peça percebeu-se que algo diferente estava acontecer. O ponto de injeção tinha uma marca diferente, o corte do gito estava a ser mal executado e arrastava o material ficando a peça com o aspeto de raiado.



Possivelmente este problema já existia há muito tempo, mas só foi descoberto quando os raiados aumentaram drasticamente e se reparou no efeito que o bico estava a fazer no ponto de injeção.

Perante esta situação desenhou-se uma nova geometria para o bico, alargando-se a área deste. Depois desta ação, verificou-se nas semanas seguintes que a percentagem de raiados melhorou substancialmente e o valor de FTQ reduziu para 5% .

Assim, verifica-se que o avanço do torpedo e a mudança da geometria do bico, foram um fator importante para diminuição dos raiados.

Se a percentagem de defeitos se mantiver como as últimas cinco semanas, atingiu-se o objetivo esperado.





## 5. CONCLUSÕES E PROPOSTA DE TRABALHO FUTURO

Neste trabalho pretendeu-se avaliar os parâmetros do processo de injeção de produção de lentes que poderão constituir potenciais causas que levam ao má qualidade do produto final. A identificação e quantificação das possíveis causas foi realizada em peças injetadas, neste caso, as lentes, previamente identificados pelos operadores, que fazem o controlo das peças e o respetivo registo num documento próprio First Time Quality ( FTQ%) Inicialmente verifica-se quais as tipologias dos defeitos . Após esta observação conclui-se que são três os principais defeitos: pontos pretos, pontos brilhantes e os raiados.

Depois desta identificação, verifica-se qual a frequência de aparecimento dos defeitos, neste caso a percentagem de FTQ, para se perceber qual o tamanho do problema em questão.

No sentido de perceber qual a causa de cada defeito, foram realizados vários testes.

A partir da análise de microscopia, percebe-se que os pontos pretos têm aspeto de grânulo de material, o brilho não se consegue retirar nenhuma conclusão e o raiado aparenta ser material plástico. De seguida foi realizado o teste da espectroscopia Raman, com este método conseguiu-se saber que os pontos pretos são material carbonizado (PC carbonizado) e que os pontos brilhantes e os raiados são material plástico transparente (PC).

Normalmente, muitos dos defeitos que surgem na moldação por injeção deve-se à alteração dos parâmetros ao longo do processo. Aqui foi também analisada se os defeitos em estudo tinham alguma correlação com os parâmetros de processo de injeção. A correlação entre os dados da análise cromatográfica e os parâmetros do processo foi realizada aplicando a metodologia da Análise do Componente Principal (PCA).

Este método permite perceber se a alteração de parâmetros da injeção tem influencia direta no aparecimento dos defeitos. Da análise dos resultados recolhem-se fortes indícios que sugerem que os parâmetros operacionais não tem efeito na presença e quantidade de defeitos detetados, pois a variação dos dados é muito baixa.

Em síntese e através da observação da Tabela 1, pode-se concluir que os pontos pretos surgem devido à permanência do material no molde, retirando as hipóteses do material contaminado, do ar contaminado e da variação dos parâmetros de injeção. Possivelmente existem zonas no molde de fácil acumulação do material, onde este estagna e ao permanecer nessa mesma zona degrada, sendo libertado posteriormente ao longo do processo de injeção com aspeto de partículas pretas. Para resolver este problema deve-se aumentar a frequência de limpeza



e manutenção, fazendo uma melhor purga do material. Esta limpeza da purga futuramente vai ser realizada com um novo produto de limpeza mais eficiente que vai permitir uma melhor limpeza e assim reduzir grande parte deste defeito.

A Aptiv faz a limpeza da máquina de mês a mês e a limpeza do molde faz sempre que o molde sai de produção. A limpeza do carburador é efetuada quando há um problema aparente. Aconselha-se a que a periodicidade da manutenção do molde e do carburador diminua. Assim, ter-se-á que elaborar um plano de limpeza mais cuidado e com um período mais curto para melhorar o desaparecimento dos pontos pretos.

Relativamente aos pontos brilhantes, da análise da tabela 2, depreende-se que este defeito pode derivar da humidade do material e que nada tem a ver com os parâmetros de injeção. Neste sentido, foi realizado o teste da humidade para perceber se a secagem do material estava a ser realizada com sucesso. Ao analisar a Tabela 2, verifica-se que o material está bem seco, podendo este não ser a causa do problema. Sabendo que o policarbonato é um polímero higroscópico, e por isso, absorve muita água há a probabilidade de existirem partículas húmidas no meio do PC (seco), que podem causar este defeito nas peças. Neste caso e sabendo que a secagem é um processo complicado, deve-se seguir algumas normas para o seu bom funcionamento. Este método de secagem usa duas estufas, uma perto da máquina e outra em cima da tremonha, ou seja, há um grande controlo de secagem. Uma possível solução é utilizar um termopar na alimentação do ar e colocar no painel de controlo para ser possível a monitorização da temperatura do ar que entra na estufa. Verificar os filtros todos os dias para se perceber se estão limpos, pois os filtros sujos podem levar a uma má secagem. É muito importante verificar as instruções da matéria-prima e ter atenção se não tem contaminantes. É necessário conhecer novos métodos de medição de humidade que possam ser mais eficaz do que o utilizado.

Outra hipótese para o aparecimento deste defeito, são os grânulos de material que não fundem e ao injetar esse material pode causar o aparecimento do defeito.

Em relação aos raiados, conclui-se que foi um problema no molde, descartando a hipótese de estar na origem dos parâmetros de injeção ou da humidade do material. Para perceber qual a causa dos raiados, foram realizados vários testes como foi referido anteriormente. Percebeu-se, mais tarde, que o aparecimento deste defeito surge devido a problemas no molde. Depois da resolução desse problema, verificou-se pela Figura 19 que houve um grande decréscimo no aparecimento destes defeitos.





## 6. REFERÊNCIAS

- [1] Aptiv (2017). Informação fornecida pela empresa Aptiv -Portugal, S.A.
- [2] Klimach, H. (s.d). *Circuitos eletrônicos integrados*. Disponível [https://chasque-web.ufrgs.br/~hklimach/E061/E061\\_Processos\\_Dispositivos.pdf](https://chasque-web.ufrgs.br/~hklimach/E061/E061_Processos_Dispositivos.pdf)
- [3] Silva, F. M. P. (2009). *Adaptação das ferramentas moldantes a sistemas de microinjeção*. (Tese de Mestrado). Universidade de Aveiro, Aveiro. Retirado de <http://hdl.handle.net/10773/2526>
- [4] Cunha, A. (2003). *Moldação por Injeção e Materiais Plásticos. Manual do Projetista para Moldes de Injeção de Plástico*, Edição Centimfe (2ªEd.)
- [5] Pinto, R. (2012). *Injeção e Caracterização do Comportamento Mecânico de Polímeros Termoplásticos*. (Tese de Mestrado). Instituto Politécnico de Coimbra, Coimbra. Retirado de [http://files.isec.pt/DOCUMENTOS/SERVICOS/BIBLIO/Teses/Tese\\_Mest\\_Ricardo-Pinto.pdf](http://files.isec.pt/DOCUMENTOS/SERVICOS/BIBLIO/Teses/Tese_Mest_Ricardo-Pinto.pdf)
- [6] Gilmore, H. L. (1974). *Product conformance cost. Quality Progress*, 7(15), 16–19
- [7] Crosby, P. B. (1980). *Quality is free: the art of making quality certain*. New York: McGraw-Hill
- [8] Gerald, F. S. (1993) *The meaning of quality, Total Quality Management*, 4(3), 235-244. doi: 10.1080/095441293000000038
- [9] Juran, J. M., (1988). *Quality Control Handbook*. New York: McGraw-Hill
- [10] Broh, R. A. (1982). *Managing Quality for Higher Profits: A Guide for Business Executives and Quality Managers*. New-York: McGraw Hill. ISBN: 0070079757
- [11] Maraghi, R. (1997). *Defeitos de Moldagem na injeção de plásticos*. Salvador: Plassoft Tecnologia Ltda, 135
- [12] Hutchins, C. L. (1997). *Troubleshooting the Surface Mount and Fine Pitch Technology Process*. USA: Hutchins and Associates
- [13] Lea, C. (1989). Residues on soldered printed circuit assemblies. *National Physical Laboratory*, 16(1)
- [14] Nova, Q. (2010). *Classificação periódica: Um exemplo didático para ensinar Análise de Componentes Principais*, 33(7), 1594-1597. Retirado de [http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol33No7\\_1433\\_29-ED09650.pdf](http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol33No7_1433_29-ED09650.pdf)





- [15] Johnson, R. A. & Wichern, D. W. (2002). *Applied Multivariate Statistical Analysis*. (5th Ed.), New York: Prentice-Hall
- [16] Prati, R. (s.d). *Análise de componentes principais (PCA)*. Disponível em <http://professor.ufabc.edu.br/~ronaldo.prati/DataMining/PCA.pdf>
- [17] Instituto Brasileiro de Pesquisa de Análise de Dados (2017). *O que é a programação e a linguagem R?* Disponível em <https://www.ibpad.com.br/blog/o-que-e-programacao-ou-linguagem-em-r/>
- [18] Minitab Inc. (s.d). *Interpretar para todas as estatísticas e gráficos para Análise de Componentes Principais*. Disponível em <https://support.minitab.com/pt-br/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/multivariate/how-to/principal-components/interpret-the-results/all-statistics-and-graphs/>
- [19] Paulson (s.d). *From the Plastic's Point of View – Splay*. Disponível em <https://www.paulsontraining.com/from-the-plastics-point-of-view-splay/>
- [20] Eiras, F. (1999). *Manual Prático de Moldação por Injeção*.
- [21] Bozzelli, J. (2013). *Minimizing Black Specks*. Disponível em <https://www.ptonline.com/columns/minimizing-black-specks>
- [22] Aco Mold (s.d). *Silver streak troubleshooting of injection molding*. Disponível em <http://www.acomold.com8s.d/silver-streak-troubleshooting-of-injection-molding.html>
- [23] Tudo sobre Plásticos (s.d). *Problemas e Soluções no Processo de Injeção*. Disponível em [http://www.tudosobreplasticos.com/processo/solucoes\\_injecao.asp](http://www.tudosobreplasticos.com/processo/solucoes_injecao.asp)
- [24] Cooley, J. (2017). *Causes of Black Specks in Your Injection Molded Parts*. Disponível em <http://blog.asaclean.com/4-cause-of-black-specks-in-injection-molding-0>
- [25] Santa Clara University Engineering Design Center (s.d). *Black specks/Black Streaks*. Disponível em [http://www.dc.engr.scu.edu/cmdoc/dg\\_doc/develop/trouble/black/f7000001.htm](http://www.dc.engr.scu.edu/cmdoc/dg_doc/develop/trouble/black/f7000001.htm)
- [26] Tudo sobre plásticos (s.d). *A Influência da Umidade nos Plásticos*. Disponível em <http://www.tudosobreplasticos.com/adblock.asp?l=pt&p=25>
- [27] Witec (s.d). *What are the sample requirements for Raman analyses?* Disponível em <https://www.witec.de/resources-and-education/knowledge-base/show/the-raman-technique/what-are-the-sample-requirements-for-raman-analyses>
- [28] Faria, D. L. A, Afonso, M. C., & Edwards, H. G. M. (2002). *Espectroscopia Raman: uma nova luz no estudo de bens culturais. Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia*, 12, 249-267



- [29] Harada, J. (2004). *Moldes para injeção de Termoplásticos: Projetos e Princípios Básicos*. São Paulo: Artliber



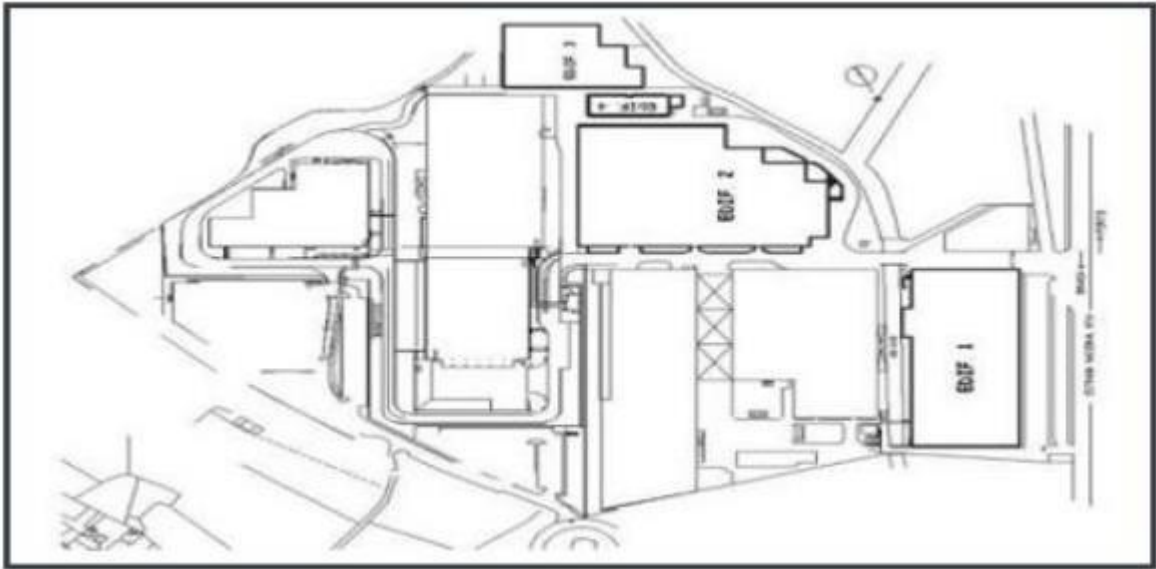
## 7. ANEXOS

### ANEXO I- CRONOGRAMA DO PLANEAMENTO DA DISSERTAÇÃO

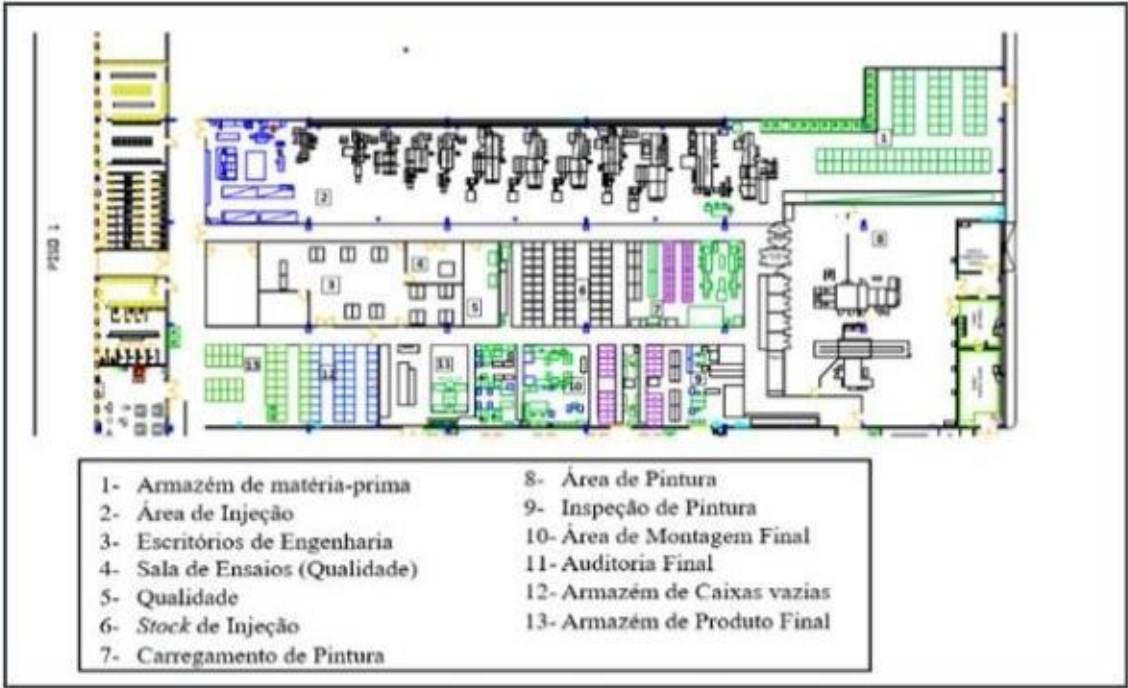




ANEXO II- DIVISÃO DA APTIV EM 4 EDIFÍCIOS



ANEXO III- CRONOGRAMA DE ESTÁGIO





## ANEXO IV- FICHA TÉCNICA PC

### Technical Data Sheet

# ALCOM®

## ALBIS

### ALCOM LD2 PC 1000 UV 15091 GY1138-15

(Last update: 26/06/2017)

Base Polymer	Polycarbonate
Filler/Additive System	UV stabilised
Special Features	translucent, good flow
Market Segment	Automotive, Lighting
Application Area	lighting, light transparent components
Typical Applications	lamp covers, display elements, operating elements

Pre-Drying Conditions	In a dry air (desiccant) dryer 100-120 °C for 2-3 h In an air circulating dryer 100-120 °C for 4-12 h dependant on moisture content max. moisture content <0,02 %
Processing Conditions	Injection moulding melt temperature 270-310 °C Injection moulding mould temperature 80-110 °C
Storage	dry, protected from light

Properties	Value	Dimension	Test Norm
<b>Mechanical Properties</b>			
Flexural modulus	2450	MPa	ISO 178
3.5% Flexural stress	76	MPa	ISO 178
Flexural strength	100	MPa	ISO 178
Tensile modulus	2400	MPa	ISO 527-1/-2
Tensile stress at yield	66	MPa	ISO 527-1/-2
Tensile strength	66	MPa	ISO 527-1/-2
Tensile elongation at yield	6	%	ISO 527-1/-2
Tensile elongation at break	70	%	ISO 527-1/-2
Charpy impact strength 1eU	no break	kJ/m²	ISO 179/1eU
Charpy impact strength 1eU -40°C	no break	kJ/m²	ISO 179/1eU
Charpy notched impact 1eA	12	kJ/m²	ISO 179/1eA
Charpy notched impact 1eA -40°C	12	kJ/m²	ISO 179/1eA
<b>Thermal Properties</b>			
Vicat B50	142	°C	ISO 306
HDT / A (1,8 MPa)	124	°C	ISO 75-1/-2
<b>Rheological Properties</b>			
MVR	19	cm³/10min	ISO 1133
MVR temperature	300	°C	-
MVR load	1.2	kg	-



## Technical Data Sheet

# ALCOM®

## ALBIS

### ALCOM LD2 PC 1000 UV 15091 GY1138-15

(Last update: 30.09.2017)

## Physical Properties

Density	1190	kg/m³	ISO 1183
<b>Flammability</b>			
Flammability, 0.75 mm	V-2	class	UL 94
Yellow Card available	yes	-	-
Flammability, 1.5 mm	HB	class	UL 94
Yellow Card available	yes	-	-
Glow Wire 850°C 1mm (GWFI)	passed	-	DIN EN 60695
Glow Wire 850°C 2mm (GWFI)	passed	-	DIN EN 60695
Glow Wire 850°C 3mm (GWFI)	passed	-	DIN EN 60695
Glow Wire 850°C 4mm (GWFI)	passed	-	DIN EN 60695
Glow Wire 960°C 3mm (GWFI)	passed	-	DIN EN 60695
Glow Wire 960°C 4mm (GWFI)	passed	-	DIN EN 60695
Fire behavior FMVSS (1.0 mm)	passed	-	FMVSS 302/DIN 75200

## Optical Properties

Total Transmission T(Y) (d=1,0mm, A, 2°)	52	%	ISO 13468
Total Transmission T(Y) (d=2,0mm, A, 2°)	30	%	ISO 13468
Total Transmission T(Y) (d=3,0mm, A, 2°)	17	%	ISO 13468
Total Transmission T(Y) (d=4,0mm, A, 2°)	10	%	ISO 13468
Haze T(Y) (d=1,0 mm, A, 2°)	3	%	ISO 13468
Haze T(Y) (d=2,0 mm, A, 2°)	3	%	ISO 13468
Haze T(Y) (d=3,0 mm, A, 2°)	3	%	ISO 13468
Haze T(Y) (d=4,0 mm, A, 2°)	4.5	%	ISO 13468
Half Power Angle T(Y) (d=1mm, A, 2°)	1	°	-
Half Power Angle T(Y) (d=2mm, A, 2°)	1	°	-
Half Power Angle T(Y) (d=3mm, A, 2°)	1	°	-
Half Power Angle T(Y) (d=4mm, A, 2°)	1	°	-

These are guide values and not a specification. The test values mentioned are representative values only and not binding minimum or maximum figures. These test values have been determined on standardized test specimens and can be affected by pigmentation, mould design and processing conditions.

Any information given on the chemical and physical characteristics of our products, including, without limitation, technical advice on applications, whether verbally, in writing or by testing the product, is given to the best of our knowledge and in good faith and does not exempt the buyer from carrying out their own investigations and tests in order to ascertain the product's specific suitability for the purpose intended. The buyer is solely responsible for confirming the suitability of the product for a particular application, its utilization and processing and must observe any applicable laws and government regulations. **NO EXPRESS OR IMPLIED RECOMMENDATION OR WARRANTY IS GIVEN WITH REGARD TO THE SUITABILITY OF THE PRODUCT FOR A PARTICULAR APPLICATION, SUCH AS, BUT NOT LIMITED TO, SAFETY-CRITICAL COMPONENTS OR SYSTEMS.**

Healthcare uses: the supply of any product by ALBIS for any medical, pharmaceutical or diagnostic application is conditional to an assessment by ALBIS in terms of compliance with ALBIS' internal risk management policy – even for products which are in general designated for use in Healthcare applications.

Important: irrespective of product type or designation, ALBIS does not recommend or suggest the use of any products it supplies which fall into the following medical, pharmaceutical or diagnostic application categories:

- \* risk class III applications according to EU directive 93/42/EEC
- \* any bodily implant application for greater than 30 days
- \* any critical component in any medical device that supports or sustains human life.



Technical Data Sheet

**ALCOM®**

**ALBIS**

**ALCOM LD2 PC 1000 UV 15091 GY1138-15**

(Last update: 06/02/2017)

For all times, our standard terms and conditions of sale apply.



## ANEXO V- FICHA TÉCNICA ABS

SolutionPartner



## ABS HF380

Injection Molding

## Description

High Flow

## Application

Electric/Electronic Products, Toys, Miscellaneous Good

Properties	Test Condition	Test Method	Unit	Typical Value
<b>Physical</b>				
Specific Gravity		ASTM D792	-	1.04
Molding Shrinkage (Flow), 3.2mm		ASTM D955	%	0.4~0.7
Melt Flow Rate	220 $\pm$ 10kg	ASTM D1238	g/10min	43
<b>Mechanical</b>				
Tensile Strength, 3.2mm		ASTM D638		
(a) Yield	50mm/min		kg/cm <sup>2</sup>	430
Tensile Elongation, 3.2mm		ASTM D638		
(a) Break	50mm/min		%	30
Tensile Modulus, 3.2mm	1mm/min	ASTM D638	kg/cm <sup>2</sup>	21,900
Flexural Strength, 3.2mm	15mm/min	ASTM D790	kg/cm <sup>2</sup>	700
Flexural Modulus, 3.2mm	15mm/min	ASTM D790	kg/cm <sup>2</sup>	24,900
IZOD Impact Strength, 8.4mm (Notched)		ASTM D256		
	23 $\pm$ 1 $^{\circ}$ C		kg/cm/cm	25
	-30 $\pm$ 1 $^{\circ}$ C		kg/cm/cm	12
IZOD Impact Strength, 3.2mm (Notched)		ASTM D256		
	23 $\pm$ 1 $^{\circ}$ C		kg/cm/cm	25
	-30 $\pm$ 1 $^{\circ}$ C		kg/cm/cm	12
Rockwell Hardness	R-Scale	ASTM D785	-	105
<b>Thermal</b>				
Heat Deflection Temperature (Unannealed)		ASTM D648		
	15.8kg		$^{\circ}$ C	84
	4.8kg		$^{\circ}$ C	89
Vicat Softening Temperature		ASTM D1525		
	5kg, 50 $\pm$ 0.1h		$^{\circ}$ C	94
Flammability		UL94		HB
Relative Temperature Index		UL T482		
Electrical			$^{\circ}$ C	80
Mechanical with Impact			$^{\circ}$ C	80
Mechanical without Impact			$^{\circ}$ C	80

Note) Typical values are only for material selection purpose, and variation within normal tolerances are for various colors.

\*Values given should not be interpreted as specification and not be used for part critical design.

All properties, except melt flow rate are measured on injection molded specimens and after 48 hours storage at 23 $\pm$ 1 $^{\circ}$ C, 50% relative humidity.

Updated : 7-Jun-10

The information contained herein, including but not limited to, data, statements and typical values, are given in good faith. LG Chem makes no warranty, guarantee, expressed or implied, (i) that the result described herein will be obtained under end-user conditions, or (ii) as to the effectiveness or safety of any design incorporating LG Chem materials, products, recommendations or advice. Further, any information contained herein shall not be construed as a part of legally binding offer. Especially, the typical values should be regarded as reference values only and not as binding minimum values. Each user must take responsibility for making its own determination as to the suitability of LG Chem's materials, products, recommendations, or advice for its own particular use. Each user must identify and perform all tests and analyses necessary to ensure that its finished parts incorporating LG Chem material or products will be safe and suitable for use under end-user conditions. The data contained herein can be changed without notice as a result of the quality improvement of the products.





**SolutionPartner**



**ABS HF380**

Injection Molding

**Description**  
High Flow

**Application**  
Electric/Electronic Products, Toys, Miscellaneous Goods

**Electrical**

Comparative Tracking Index(CTI)	Solution A	IEC 60112	Volts	1
Surface Resistivity		IEC 60093	Ohm	
Volume Resistivity	23℃	ASTM D257	Ohm·m	
Arc Resistance	23℃	ASTM D495	Ohm·cm	8

**Note)** Typical values are only for material selection purposes, and variation within normal tolerances are for various colors.  
Values given should not be interpreted as specification and not be used for part or tool design.  
All properties, except melt flow rate are measured on injection molded specimens and after 48 hours storage at 23℃, 50% relative humidity.

**Processing Guide (Injection Molding)**

Processing Parameters		Unit	Value
Drying Temperature		℃	80
Drying Time		hrs	2 ~ 4
Minimum Moisture Content		%	0.01
Melt Temperature		℃	210 ~ 240
Cylinder Temperature	Rear	℃	180 ~ 200
	Middle	℃	190 ~ 210
	Front	℃	200 ~ 220
Nozzle Temperature		℃	200 ~ 230
Mold Temperature		℃	40 ~ 70
Back Pressure		kg/cm <sup>2</sup>	300 ~ 600
Screw Speed		rpm	30 ~ 60

**Note)** Back Pressure & Screw Speed are only mentioned as general guidelines.  
These may not apply or need adjustment in specific situations such as low shot sizes, thin wall molding and gas-assist molding.

Updated : T-Jun-10

The information contained herein, including, but not limited to, data, statements and typical values, are given in good faith. LG Chem makes no warranty, guarantee, expressed or implied, (i) that the result described herein will be obtained under end-user conditions, or (ii) as to the effectiveness or safety of any design incorporating LG Chem materials, products, recommendations or advice. Further, any information contained herein shall not be construed as a part of legally binding offer. Especially, the typical values should be regarded as reference values only and not as binding minimum values. Each user bears full responsibility for making its own determination as to the suitability of LG Chem's materials, products, recommendations, or advice for its own particular use. Each user must identify and perform all tests and analyses necessary to ensure that its finished parts incorporating LG Chem material or products will be safe and suitable for use under end-user conditions. The data contained herein can be changed without notice as a result of the quality improvement of the products.



## ANEXO VI- PLANO DE INSPEÇÃO DA LENTE

Ref. Interna	28505534	Ref. Cliente		Designação	Lente 139T	Projecto		Paada
--------------	----------	--------------	--	------------	------------	----------	--	-------

m)

n)

1. Controlo Visual					
Nº	Descrição da operação	Frequência	Amostra		
	Verificar a ocorrência de:	Técnica Inj.	- Refinicia Série - Fim de Série		
a)	Deformação (chupar, amalgadolar, peça partida)	Qualidade	- 06:00 - 07:00 - 14:30 - 15:30 - 22:00 - 23:00		
b)	Rebarbar (atenção de cavidade do teclar)	Qualidade	- 06:00 - 07:00 - Fim de Série		
c)	Falta de matéria	Qualidade	- 06:00 - 07:00 - 18:00 - 19:00		
d)	Queimada	Qualidade	- 06:00 - 07:00 - 18:00 - 19:00		
e)	Riscar, linha de fluxo acotusado, chupar, raia e manchar	Qualidade	- 06:00 - 07:00 - 18:00 - 19:00		
f)	Gardurar	Qualidade	- 06:00 - 07:00 - 18:00 - 19:00		
g)	Som marcar das extractores	Qualidade	- 06:00 - 07:00 - 18:00 - 19:00		
h)	Verificar a datação (se aplicável)	Qualidade	- 06:00 - 07:00 - 18:00 - 19:00		
i)	Verificar a cor correcta da peça (preto transparente)	Qualidade	- 06:00 - 07:00 - 18:00 - 19:00		
j)	Verificar conformidade das zonas visíveis e de encaixe	Qualidade	- 06:00 - 07:00 - 18:00 - 19:00		
k)	Pontar Crítico	Qualidade	- 06:00 - 07:00 - 18:00 - 19:00		

2. Controlo Dimensional						
Nº	Dimensão	Min.	Máx.	Meios	Frequência	Amostra
m)	67,18	67,03	67,33	Técnica Inj.	- Refinicia Série - Fim de Série	1 injeção
				Qualidade	- Início de Série - 06:00 - 07:00 / 18:00 - 19:00	3 injeções
n)	133,26	133,01	133,51	Técnica Inj.	- Refinicia Série - Fim de Série	1 injeção
				Qualidade	- Início de Série - 06:00 - 07:00 / 18:00 - 19:00	3 injeções

3. Testes Funcionais			
Nº	Descrição da operação	Meios	Frequência

4. Pontos Críticos	
j) Zonas visíveis e de encaixe, janela transparente com contorno bem definido, sem riscos, bolhas ou pintas pretas.	



## ANEXO VII- INSTRUÇÕES DE TRABALHO

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho	
Effective Date: / Data Efetiva: 25-10-17	Control Revised Date: / Data de Revisão: 25-10-17
Page: 1 de 1	
<b>Processo / Model: Embalagem/Injeção peça 28505594</b> <b>Lugar: Area de injeção</b> <b>Ref. Doc.: LENS PANDA</b> <b>Sinalética de Segurança:</b>	<b>Notas Importantes:</b> <b>Considerar sempre com muita atenção os processos de control</b>
<p>Colocar 6 peças por tabuleiro preto (TP02), <u>sempre do mais longe para o mais perto</u>, de acordo com a Figura 1. Empilhar 10 tabuleiros e colocar a O.F. (Figura 2), total de 60 peças. Na última camada colocar um tabuleiro preto vazio.</p> <p>Colocar a etiqueta da OF na parte exterior da caixa logo que se coloque a(s) primeira(s) peça(s) na caixa. Ter em atenção a numeração sequencial das etiquetas (exemplo: colocar a etiqueta nº1 no primeiro lote de tabuleiros a ser produzido e assim sucessivamente) para garantir o FIFO.</p> <p><b>ATENÇÃO:</b> Para este material, apenas é autorizado o uso da paleta com rebordo, tal como indicado na Figura 3.</p>	
	
Figura 1	Figura 2
	
Figura 3	



## ANEXO VIII- FICHA DE AFINAÇÃO DA MÁQUINA

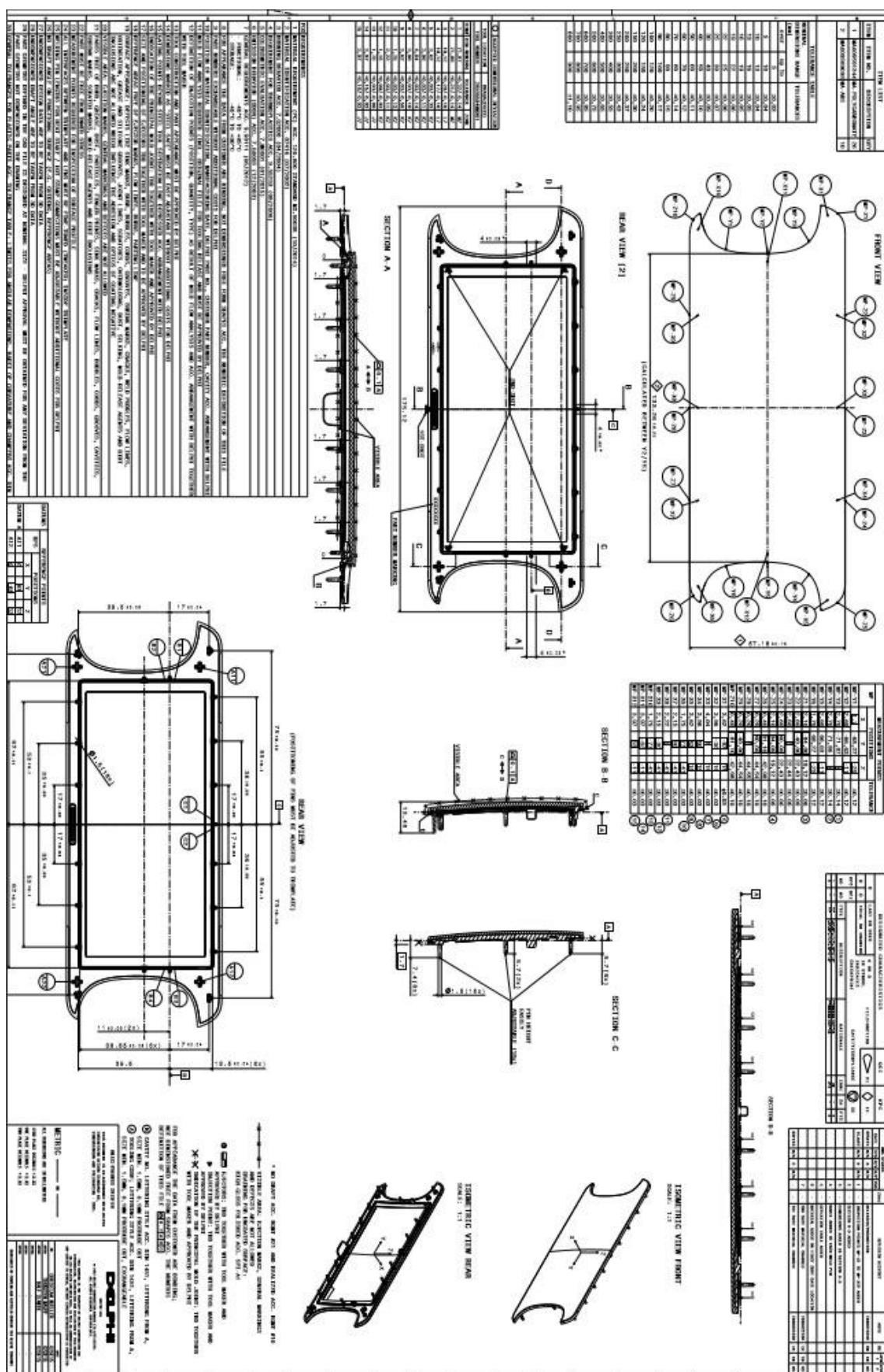
DELPHI		Ficha de Afinação Engel Bi- Injecção				BRAG FOR 1190.00.01N	
		Effective date: 07-06-2011		Content Reviewed date :03-02-12		Ver: 03	
Seção de Injecção		Nº Molde	Referencia da Peça	Indice	Nº Máquina		
		28505594MH001	28505594		PL-MOLD-003		
<b>I- Descrição do Processo</b>							
Produto		Meios		Tp de ciclo mínimo (s): 35 Triturado: Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> % Máx. aut. % Efectiva Notas:		Restrições ao processo:	
Ref. peça / conjunto:		Molde n°:					
Designação:		Nº cav. reais/ Nº cav. teor.:					
Peso da moldação (g):		Tipo de canal de alimentação:					
Peso de 1 peça (g):		Nº máquina injectora:					
Referencia matéria 1:		Diam. fuso (mm):					
Referencia matéria 2:		Força de fecho (kN):					
Masterbatch ou aditivos		Tipo de termoregulador					
Referencia		Tipo de doseador de aditivos					
% Máxima autorizada		Tipo de tritador					
Nº de Rejeições iniciais		3					
<b>II- Processo de Injecção (Parametrização Injectora)</b>							
Perfil de Temperaturas (°C) ( ± 20°C)- Unid. 1				Perfil de Temperaturas (°C) ( ± 20°C)- Unid. 2			
Bico	Cil. 1	Cil. 2	Cil. 3	Cil. 4	Cil. 5	Aliment.	
295	290	285	275			40	
Pressão Inj.(bar)-Unid. 1				Força de Fecho (kN)		Pressão Inj.(bar)-Unid. 2	
124				1100		105	
Comutação- Unid. 1				Comutação- Unid. 2			
Curso comutação				Curso comutação			
15,5				9,5			
V. Teórico comutação (mm)				V. Teórico comutação (mm)			
15,5				9,5			
Dosagem- Unid. 1				Dosagem- Unid. 2			
Velocidade de dosagem (mm/s) ( ± 15%)				Velocidade de dosagem (mm/s) ( ± 15%)			
30	30	30	30	30	30	30	30
50	50	50	50	50	50	50	50
Contrapressão (bar) ( ± 20%)				Contrapressão (bar) ( ± 20%)			
5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
Curso do fuso (mm)				Curso do fuso (mm)			
60				23			
Pós-Pressão- Unid. 1				Pós-Pressão- Unid. 2			
Pressão de pós-pressão (Bar) ( ± 20%)				Pressão de pós-pressão (Bar) ( ± 20%)			
0	1	2	2,8	4	5	5	5
68	65	55	50	45	40	35	30
Tempo de pós pressão (s)				Tempo de pós pressão (s)			
4				5			
Tempo act. Arrefecimento (s)				Tempo act. Arrefecimento (s)			
18				18			
Perfil de Velocidades de Injecção ( ± 15%)-Unid. 1				Perfil de Velocidades de Injecção ( ± 15%)-Unid. 2			
Curso(mm)	0	43	45	49,6	69,75	Curso(mm)	0
Vcl.(mm/S)	57	57	47	35	25	Vcl.(mm/S)	5
Vcl.(mm/S)						Vcl.(mm/S)	
Unid. 1				Unid. 2			
Descomp. após plastificação (mm)				Descomp. após plastificação (mm)			
4,75				5			
Fim de descompressão (mm)				Fim de descompressão (mm)			
64,75				28			
Vel. De descompressão (%)				Vel. De descompressão (%)			
25				35			



III- Processo de Injeção (Parametrização Periféricos)										
Pré-secagem da matéria prima ( ± 10°C)		Material 1		Material 2		Temperatura dos termoreguladores (°C) ( ± 10°C)				
Temperatura de pré- secagem		110 ± 10°C		80 ± 5 °c		Term. 1	Term. 2	Term. 3	Term. 4	Term. 5
Tempo mínimo de secagem		4		3		90	90			
Regulação temperatura molde - outros										
Água fria- Tp. do chiller (°C)										
Uso de água da rede:										
Regulação temperaturas canal quente (°C) ( ± 10°C)										
Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Controlador externo				
230	230	230	230	230	230	305	305	295		
Nº de extracções										1
Nº do programa do Robot										
IV- Histórico de revisões:										
Ind.	Data	Param. Modificado (s)	Valor anterior	Novo valor	Causa	Modificado por				
0	30-11-16	Term molde	310	305	Problemas de enchimento	Maria Bastos				
1	04-01-17	Descomp.	3,6	3,8	Problemas ralados	Maria Bastos				
2	31-01-17	Descomp.	3,8	3,5	Problemas ralados	Maria Bastos				
3	10-07-17	Descomp.	3,5	4,8	Problemas ralados	Maria Bastos				
4	07-03-17	Descomp.	4,8	5	Problemas ralados	Maria Bastos				
5	26-03-17	Descomp.	5	4,75	Problemas ralados	Maria Bastos				
6										
REDIGIDO:										
Data :	26-09-17									
Nome :	Ismael									
Ass. :										
APROVADO:										
Data :	26-09-17									
Nome :	Maria Bastos									
Ass. :										



## ANEXO IX-COTAS DA LENTE





## ANEXO X- FICHA DE REFUGO DA LENTE

Refugo das lentes			Data:    /    /			
		Boas	Más			
			Bolhas	Brilhos	Raiados	Pintas pretas
06:00	07:00					
07:00	08:00					
08:00	09:00					
09:00	10:00					
10:00	11:00					
11:00	12:00					
12:00	13:00					
13:00	14:00					
14:00	15:00					
15:00	16:00					
16:00	17:00					
17:00	18:00					
18:00	19:00					
19:00	20:00					
20:00	21:00					
21:00	22:00					





22:00	23:00					
23:00	00:00					
00:00	01:00					
01:00	02:00					
02:00	03:00					
03:00	04:00					
04:00	05:00					
05:00	06:00					

## ANEXO XI- FICHA DE REGISTO DOS DEFEITOS COM CALCULO DIRETO DO FTQ%

08/mai	BOAS	O	Br	Ra	Pp	09/mai	BOAS	O	Br	Ra	Pp	10/mai	BOAS	O	Br	Ra	Pp	11/mai	BOAS	O	Br	Ra	Pp	12/mai	BOAS	O	Br	Ra	Pp
00:00						0 00:00						0 00:00	75			3		78 00:00	50		2			52 00:00	99		4	2	
01:00						0 01:00						0 01:00	80			2		82 01:00	70		2			72 01:00	89		1	2	
02:00						0 02:00						0 02:00	85			1		86 02:00	60		1			61 02:00	90			2	
03:00						0 03:00						0 03:00	85			1		86 03:00	100			2		102 03:00	92				
04:00						0 04:00						0 04:00	60			1		61 04:00	70		1	1		72 04:00	90			1	
05:00						0 05:00						0 05:00	36					36 05:00	85			1		86 05:00	95		1		
06:00						0 06:00						0 06:00	90					90 06:00	60				1	61 06:00	85		1	1	
07:00						0 07:00						0 07:00	98				1	99 07:00	80		1	1	1	83 07:00	90		2	3	
08:00						0 08:00						0 08:00	80		3	1	1	85 08:00	80					80 08:00	60		2		
09:00						0 09:00	80			3	3	86 09:00	80			6	3	89 09:00	80		1	1	1	83 09:00	95		1	2	
10:00						0 10:00	80			2	1	83 10:00	80		3			83 10:00	80		4	1	2	87 10:00	85		1	2	
11:00						0 11:00	80			3	1	85 11:00	60		2	1		63 11:00	80		2			82 11:00	80			3	
12:00	61				3	5	69 12:00	90		2	2	94 12:00	60		3		1	64 12:00	80		1			81 12:00	90		1	3	
13:00	80				3	2	90 13:00	80		5	3	89 13:00	90		1		1	92 13:00	80		3	1		84 13:00	80		2	3	
14:00	40				1	1	43 14:00	60				60 14:00	30					30 14:00	100		1			101 14:00	89			1	
15:00	80				2		83 15:00					0 15:00	60		1			61 15:00	120				4	124 15:00	80		1	2	
16:00	60				3	1	65 16:00	60		1	7	68 16:00	60		2	2		64 16:00	120		2	4		126 16:00	22				
17:00	90				2	4	99 17:00	60			1	61 17:00	120		1		1	122 17:00	120				2	122 17:00					
18:00	90				2	1	93 18:00	60		1		61 18:00	120			2		122 18:00	60				1	61 18:00					
19:00	60				3	3	66 19:00	60			3	2	65 19:00	60		4		64 19:00	60		1	1		62 19:00					
20:00	60				3		63 20:00	120		1	1	1	123 20:00	120		2		122 20:00	60		3			63 20:00					
21:00	120				2		123 21:00	60		3	3	66 21:00	120		1	3		124 21:00	60		2			62 21:00					
22:00	90						90 22:00	60		2	3	65 22:00	60			1		61 22:00	60			2		62 22:00					
23:00	70						70 23:00	90		1		91 23:00	108					108 23:00	85					85 23:00					
TOTAL	901	0	16	16	21		954 TOTAL	1040	0	24	27	6	1097 TOTAL	1912	0	17	30	8	1967 TOTAL	1900	0	25	24	5	1954 TOTAL	1411			
FTQ	5,6%						FTQ	5,2%					FTQ	2,8%					FTQ	2,8%					FTQ	0,0%			





## ANEXO XII- MATRIZ DOS PARÂMETROS DOS RAIADOS PARA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE PCA

	Defeitos	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8
D1H11	3	30	46	40	7	8	15	5	11
D1H12	0	29	50	59	5	19	15	5	11
D1H13	3	30	55	48	9	21	29	17	20
D1H14	1	27	50	51	6	14	21	13	9
D1H15	5	26	43	37	3	12	14	16	14
D1H16	2	25	56	52	6	13	13	11	16
D1H17	4	26	55	49	5	15	22	23	14
D1H18	0	26	62	42	8	19	21	11	10
D1H19	3	20	42	25	10	9	16	11	11
D1H20	2	29	60	37	6	21	22	11	11
D1H21	3	22	55	42	13	19	26	3	12
D1H22	1	24	59	37	12	17	20	7	12
D1H23	3	34	54	49	11	20	18	5	17
D2H0	2	25	61	37	14	30	20	7	11
D2H1	1	29	59	43	7	18	24	11	6
D2H2	0	28	62	41	12	13	24	16	15
D2H3	2	29	58	39	13	16	19	26	13
D2H4	0	28	61	42	11	25	25	16	18
D2H5	0	26	60	48	5	16	21	11	7
D2H6	1	26	60	53	8	28	20	10	4
D2H7	0	25	63	55	7	20	25	7	13
D2H8	0	29	59	40	3	16	13	4	6
D2H9	1	29	60	52	8	18	21	11	7
D2H10	1	31	59	57	6	20	21	11	17
D2H11	0	30	58	54	7	13	17	14	8
D2H12	0	32	58	48	7	23	18	9	13
D2H13	0	30	58	47	5	19	22	7	7
D2H14	0	29	60	40	16	17	26	15	13
D2H15	0	22	55	31	8	19	22	15	12
D2H16	1	25	64	37	14	16	19	13	20
D2H17	5	24	62	49	6	19	22	16	12
D2H18	1	25	59	33	12	23	23	13	10
D2H19	4	26	60	49	13	17	20	18	21
D2H20	1	27	59	53	9	17	24	18	19
D2H21	0	27	60	51	5	18	24	21	20
D2H22	1	23	64	35	18	24	12	20	19
D2H23	1	25	61	39	15	19	30	10	11
D3H0	0	50	124	72	24	35	40	31	31
D3H1	0	49	123	90	17	31	36	32	35
D3H2	1	45	127	99	13	34	31	32	31



D3H3	0	51	126	85	18	38	31	33	32
D3H4	4	48	130	99	11	31	31	31	30
D3H5	0	56	122	94	19	33	30	32	26
D3H6	0	52	119	102	12	35	40	27	22
D3H7	1	55	121	99	18	34	32	20	18
D3H8	1	56	118	101	15	28	32	15	21
D3H9	1	55	125	102	11	38	25	17	24
D3H10	1	56	119	100	20	25	32	16	18
D3H11	0	60	118	108	17	35	29	22	18
D3H12	0	53	128	92	19	33	41	16	20
D3H13	2	53	123	104	18	27	38	24	15
D3H14	2	55	117	112	10	26	31	22	22
D3H15	1	55	125	80	14	41	48	24	28
D3H16	1	49	125	78	12	40	27	35	34
D3H17	1	49	126	78	18	38	44	29	30
D3H18	0	50	126	87	13	44	32	40	24
D3H19	1	53	119	96	14	31	35	24	29
D3H20	1	47	124	87	23	29	28	29	32
D3H21	0	47	133	79	23	36	42	35	28
D3H22	0	53	126	91	16	32	43	30	29
D3H23	0	49	127	78	19	33	35	30	26
D4H0	3	27	59	40	8	18	20	17	17
D4H1	5	24	64	55	7	17	20	16	12
D4H2	11	22	67	55	4	19	12	15	14
D4H3	0	26	62	43	10	16	16	14	16
D4H4	0	26	62	54	8	19	14	10	16
D4H5	0	25	63	55	11	15	14	12	9
D4H6	0	24	59	46	6	21	19	12	12
D4H7	3	28	59	48	6	9	14	8	11
D4H8	0	29	58	44	8	12	13	8	14
D4H9	0	28	62	44	8	20	14	9	11
D4H10	1	25	62	50	9	11	15	10	13
D4H11	0	29	59	56	7	16	12	17	14
D4H12	0	24	67	50	9	18	22	6	9
D4H13	0	25	63	47	10	16	22	15	8
D4H14	2	28	60	55	7	13	15	18	14
D4H15	0	26	64	30	8	16	24	18	21
D4H16	2	24	63	34	4	22	12	22	23
D4H17	1	23	68	37	6	14	17	15	15
D4H18	1	23	67	44	5	15	15	23	13
D4H19	0	25	60	50	6	16	15	14	16
D4H20	1	23	62	40	12	15	17	15	14
D4H21	0	24	67	40	13	13	16	19	14
D4H22	0	27	61	39	8	17	16	17	12
D4H23	2	24	64	43	8	12	18	19	15



a9	a10	a11	a12	a13	a14	a15	a16	a17	a18
24	39	47	29	5	72	56	15	77	0
23	36	51	31	0	82	59	16	83	0
33	37	56	29	1	86	51	22	87	0
21	34	51	27	2	74	61	11	80	0
24	26	43	25	2	69	57	10	55	0
25	42	54	27	1	80	66	11	50	0
24	40	49	33	1	83	60	16	0	74
36	33	53	33	0	90	61	19	0	90
13	32	39	19	5	58	51	8	10	50
24	43	58	30	0	90	60	21	0	90
31	34	53	27	2	77	55	18	0	81
20	42	47	39	1	85	58	21	0	77
24	45	54	35	0	91	66	18	23	25
34	42	51	34	0	90	64	22	20	5
26	43	57	33	0	90	59	19	45	0
29	38	57	31	0	91	63	25	42	0
31	44	55	35	0	90	55	18	80	0
24	36	51	36	0	90	65	19	90	0
32	38	52	36	0	90	57	18	90	0
31	36	57	33	0	91	65	19	91	0
23	33	54	33	0	90	60	20	90	0
30	38	60	29	0	90	66	24	90	0
29	39	51	35	0	90	56	16	90	0
37	38	57	33	0	90	65	21	90	0
24	39	55	32	0	90	63	17	90	0
32	38	56	32	0	91	67	15	91	0
38	48	55	34	0	90	64	16	90	0
28	29	61	29	0	90	64	15	90	0
34	43	47	27	1	77	55	20	79	0
25	33	53	34	1	89	59	17	90	0
28	36	54	30	0	90	67	22	90	0
32	42	57	29	1	87	58	18	88	0
26	32	54	33	0	90	66	23	90	0
36	48	55	34	0	90	62	19	90	0
21	39	51	38	0	91	64	17	91	0
26	42	53	35	0	90	66	24	89	0
26	42	51	37	0	90	55	24	60	0
55	71	106	180	0	180	34	34	180	0
56	66	112	180	0	180	33	33	180	0
63	75	104	182	0	182	39	39	182	0
53	75	103	180	0	180	35	35	180	0



62	65	113	180	0	180	31	31	180	0
56	67	108	180	0	180	35	35	180	0
52	72	104	182	0	182	26	26	182	0
50	64	113	180	0	180	31	31	180	0
51	61	115	180	0	180	33	33	180	0
63	65	112	182	0	182	31	31	182	0
64	62	114	180	0	180	38	38	180	0
51	68	106	180	0	180	22	22	180	0
69	65	113	182	0	182	35	35	182	0
63	69	110	180	0	180	39	39	180	0
58	70	108	180	0	180	33	33	180	0
59	62	118	182	0	182	41	41	162	0
53	56	115	178	0	178	33	33	167	0
51	68	108	181	0	181	43	43	126	6
65	71	105	181	0	181	32	32	99	25
52	67	108	177	0	177	40	40	130	0
49	70	104	180	0	180	24	24	135	0
57	71	104	181	0	181	42	42	181	0
55	60	117	179	0	179	34	34	180	0
67	74	102	180	0	180	35	35	180	0
27	39	49	40	0	90	67	15	90	0
27	44	56	34	0	90	62	21	90	0
34	37	54	36	0	91	67	17	91	0
27	37	49	40	0	90	67	17	90	0
30	46	56	34	0	90	71	14	90	0
26	37	54	33	0	90	63	17	90	0
29	43	53	34	0	91	71	11	91	0
21	49	57	31	0	90	65	16	90	0
24	41	58	30	0	90	64	15	90	0
33	37	54	33	0	91	68	16	91	0
35	41	54	34	0	90	62	17	90	0
23	43	51	37	0	90	65	11	90	0
30	44	55	34	0	91	69	15	91	0
32	33	53	37	0	90	60	22	90	0
26	34	54	34	0	90	68	16	90	0
31	37	60	30	0	91	55	23	72	0
30	36	55	32	0	88	66	15	77	0
28	41	55	34	0	91	57	22	37	5
29	36	50	38	0	90	66	14	10	26
29	45	57	29	0	87	63	17	40	0
23	35	55	32	0	90	70	12	43	0
29	49	53	32	0	91	64	19	91	0
28	45	60	28	0	88	64	15	89	0
36	41	56	33	0	90	64	19	90	0



a19	a20	a21	a22	a23	a24	a25	a26	a27	a28
0	77	6	68	23	34	9	67	0	77
0	83	15	65	22	43	20	56	0	83
0	87	15	57	42	24	27	52	0	87
0	80	6	68	19	40	9	65	0	80
0	72	13	50	15	32	22	44	2	69
0	82	9	70	25	33	13	67	0	82
0	84	10	66	28	36	20	60	0	84
0	90	19	60	31	38	26	57	0	90
0	63	11	50	22	19	17	45	0	63
0	90	13	64	29	40	31	55	0	90
0	81	15	57	20	44	21	56	0	81
0	87	14	68	30	35	21	52	0	87
0	91	26	58	33	41	35	48	0	91
0	90	21	57	35	27	29	56	12	42
0	90	18	59	23	39	29	55	50	0
0	91	22	58	30	34	26	52	44	9
0	90	18	62	30	34	30	52	78	0
0	90	21	57	27	28	33	53	47	14
0	90	26	54	32	27	30	54	16	10
0	91	22	55	39	34	30	51	12	9
0	90	20	56	23	41	29	50	20	29
0	90	29	53	34	37	28	55	2	40
0	90	20	56	33	31	31	50	4	14
0	90	22	65	22	46	32	53	25	8
66	6	22	59	34	32	28	55	0	81
28	44	21	56	33	29	34	46	0	72
0	78	18	60	37	28	29	51	0	78
0	81	21	53	37	31	34	50	7	62
0	79	10	64	22	38	12	66	25	19
0	90	17	65	30	39	27	53	25	31
29	44	21	62	37	31	33	49	26	31
88	0	13	63	24	47	27	52	17	54
90	0	17	62	28	41	28	51	0	89
90	0	21	63	30	40	32	51	0	73
91	0	16	68	30	40	30	51	0	91
90	0	17	63	33	29	32	50	0	89
0	90	24	58	33	33	35	54	3	70
180	0	39	39	46	85	56	104	0	180
180	0	39	39	63	70	65	104	0	180
182	0	42	42	64	66	63	105	0	182
180	0	44	44	57	79	62	105	0	180
180	0	44	44	68	68	62	110	0	180



180	0	46	46	57	64	66	99	0	180
182	0	41	41	52	79	63	106	0	182
180	0	45	45	64	68	65	105	0	180
180	0	37	37	55	72	65	105	0	180
182	0	51	51	60	65	63	99	0	182
180	0	41	41	61	78	64	100	0	180
180	0	41	41	60	78	68	107	0	180
182	0	37	37	50	75	68	105	0	182
177	0	43	43	68	68	63	106	0	180
180	0	41	41	52	77	66	104	0	180
170	2	48	48	56	73	63	106	0	182
170	0	42	42	58	68	56	108	0	179
144	14	44	44	62	69	67	105	0	181
179	0	50	50	64	72	62	104	0	181
177	0	45	45	61	65	65	100	0	177
180	0	44	44	60	72	58	105	0	180
181	0	43	43	63	72	64	104	0	181
180	0	40	40	52	70	61	104	0	180
180	0	47	47	59	70	63	104	0	180
90	0	17	63	20	37	31	51	0	90
90	0	22	58	34	28	30	51	0	90
91	0	23	55	31	33	31	54	0	91
90	0	23	57	29	39	29	53	0	90
90	0	23	56	31	32	32	55	0	90
90	0	26	57	30	34	31	49	0	90
91	0	26	57	27	39	34	54	0	91
90	0	25	57	30	39	31	52	0	90
90	0	17	60	24	37	34	53	0	90
91	0	26	60	26	34	31	52	0	91
90	0	25	56	30	39	31	48	0	90
90	0	24	57	27	42	36	52	0	90
91	0	21	61	24	35	36	51	0	91
87	0	26	52	33	33	29	55	0	90
90	0	27	55	29	37	33	51	0	90
79	2	23	59	30	38	31	56	0	91
85	0	24	49	28	34	26	53	0	89
91	0	23	55	34	32	32	55	0	91
90	0	26	56	23	42	31	52	0	90
87	0	22	57	30	32	30	50	0	87
90	0	21	62	29	36	31	55	0	90
91	0	28	58	29	36	33	52	0	91
89	0	24	58	28	34	31	50	0	89
90	0	20	58	30	34	34	51	0	90



a29	a30	a31	a32	b1	b2	c1	c2	c3	c4
30	31	28	39	0	77	60	16	0	77
20	44	26	41	0	83	76	6	0	83
27	38	46	23	0	87	81	6	0	87
27	31	21	49	8	65	77	3	56	24
13	41	23	39	11	58	70	2	68	4
27	37	21	43	6	69	69	12	74	4
21	40	24	42	3	78	75	8	73	5
33	38	38	33	1	88	76	14	78	5
19	28	21	36	32	31	37	26	49	10
24	40	38	31	84	4	42	47	85	0
24	41	26	35	77	2	39	40	65	10
26	38	32	35	85	2	46	41	76	6
23	40	33	35	91	0	40	49	82	3
27	42	37	28	90	0	41	47	84	1
26	37	32	38	90	0	41	47	85	0
30	43	26	44	90	0	32	56	85	1
31	31	33	34	90	1	34	54	80	2
33	37	34	28	90	0	33	55	73	1
21	52	23	50	90	0	40	49	79	0
35	31	41	27	89	0	45	42	82	0
21	41	27	42	90	0	45	45	75	1
18	49	29	40	89	0	52	33	82	1
31	38	46	26	90	0	52	36	73	5
29	43	31	40	90	0	50	39	70	4
28	40	39	29	88	1	50	36	79	2
25	39	40	29	89	1	49	39	73	2
29	43	33	38	88	1	56	31	49	12
32	40	29	36	89	0	55	32	70	5
19	42	20	43	90	0	54	32	71	3
32	40	35	35	76	2	37	40	55	7
30	41	44	26	87	3	49	38	64	7
27	36	26	44	89	0	49	38	79	1
25	42	36	30	86	2	53	32	74	6
20	47	27	40	90	0	48	34	79	6
31	41	31	42	89	1	50	40	76	3
27	38	41	29	89	0	50	38	73	2
17	48	31	37	90	0	46	40	80	2
47	89	53	94	90	0	49	39	90	0
53	76	69	65	90	0	55	34	89	1
55	88	72	75	91	0	61	26	90	0
51	82	64	75	90	0	50	38	85	0
47	77	78	62	89	1	55	34	85	1



64	70	83	50	90	0	47	42	89	0
58	76	62	73	91	0	45	45	83	0
48	80	68	68	90	0	37	48	80	4
60	81	76	66	90	0	27	62	77	2
56	94	67	72	91	0	29	61	87	0
51	83	69	73	90	0	23	67	86	0
43	88	67	73	90	0	29	59	87	0
51	85	66	76	91	0	22	68	86	2
62	74	81	52	90	0	20	67	86	0
46	83	64	66	90	0	13	77	85	1
52	86	63	75	91	0	15	76	88	0
54	84	66	69	90	0	31	59	86	1
39	93	62	74	90	0	39	50	89	1
54	76	64	72	91	0	44	47	91	0
47	82	52	83	90	0	50	39	88	0
53	78	71	64	90	0	55	35	89	0
42	86	76	54	90	0	56	33	86	1
47	92	66	74	91	0	50	39	85	3
56	80	66	71	90	0	59	30	81	2
29	42	28	43	93	0	61	31	74	6
21	39	29	40	89	0	57	31	62	12
29	40	36	34	91	0	53	38	83	3
26	42	31	40	90	0	48	41	71	6
30	32	39	31	90	0	39	49	82	3
34	32	47	23	90	0	37	50	66	16
26	42	34	32	91	0	37	53	75	16
25	40	31	41	90	0	26	59	90	0
26	45	37	32	90	0	25	64	90	0
31	42	37	36	91	0	28	61	91	0
29	42	33	41	90	0	26	63	90	0
20	42	34	33	90	0	23	65	90	0
27	46	37	37	91	0	16	75	91	0
27	38	35	27	90	0	17	71	90	0
26	38	28	33	90	0	21	69	90	0
28	43	30	38	91	0	26	62	91	0
29	43	31	36	88	1	37	51	89	0
20	48	30	39	91	0	45	46	91	0
24	37	30	39	90	0	49	41	90	0
24	42	27	39	87	0	52	35	87	0
29	37	29	38	90	0	60	30	90	0
26	44	36	25	90	1	63	28	91	0
26	45	34	36	88	1	61	26	89	0
24	42	28	40	90	0	68	22	90	0





d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7	d8	d9	d10
5	72	28	48	63	13	5	72	42	35
0	83	27	56	64	16	0	83	13	69
0	87	26	60	68	19	0	87	0	86
4	76	19	60	65	15	9	71	10	69
2	70	15	56	61	11	5	67	3	67
11	70	25	57	49	31	11	71	2	80
6	77	19	63	43	39	16	67	0	84
10	80	22	68	28	60	15	75	0	90
5	58	8	55	26	35	22	41	5	58
10	80	26	64	44	46	17	72	8	82
6	74	7	74	33	47	25	56	14	65
9	78	20	67	52	34	17	70	30	51
8	82	22	68	55	36	21	69	44	42
5	84	12	77	53	35	12	76	65	23
7	83	20	70	57	32	11	79	78	12
7	83	17	70	59	28	7	82	83	6
11	80	14	77	60	30	8	82	82	9
11	79	19	71	58	29	14	76	79	11
15	75	16	74	54	32	7	83	67	22
8	82	21	69	55	34	11	79	42	46
16	75	27	62	43	45	11	80	35	53
12	78	18	72	44	46	8	82	18	71
15	75	19	70	34	54	20	70	10	78
12	78	15	74	43	46	25	64	14	74
10	80	20	69	45	45	15	74	18	70
9	80	16	74	39	50	17	73	23	65
11	80	18	73	32	59	36	55	9	81
7	83	22	68	44	45	23	65	13	73
10	79	15	75	36	53	14	75	18	72
9	70	17	60	41	36	23	54	19	55
5	84	18	72	43	45	21	69	23	65
151	207	45	176	98	65	185	76	26	67
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	81	21	68	32	56	12	78	18	69
6	84	18	71	34	56	13	76	17	72
7	83	16	75	45	45	20	71	12	77
77	162	50	121	64	58	96	78	25	64
4	86	15	72	39	48	15	73	27	62
9	82	14	77	28	63	9	82	19	70
7	83	19	70	43	46	5	84	17	71
7	83	15	74	30	57	7	83	9	78
4	86	22	67	49	40	12	78	27	62



7	84	24	67	46	43	5	86	44	45
10	79	16	73	54	33	6	84	75	15
10	79	12	75	62	28	2	88	85	5
11	80	22	69	65	25	4	87	91	0
9	81	17	73	71	19	1	89	86	4
6	84	14	76	65	25	0	90	89	1
11	80	23	68	75	15	1	89	88	3
12	78	18	72	70	16	1	89	90	0
10	80	25	65	67	23	0	90	90	0
11	80	18	72	67	22	0	91	86	5
3	87	21	69	61	27	0	90	86	4
5	85	21	69	59	31	0	89	63	25
10	81	18	72	51	39	0	91	34	55
3	87	29	61	43	44	1	89	8	81
2	88	20	70	49	41	1	89	10	80
7	83	15	74	45	44	0	90	18	70
6	85	14	77	46	45	0	91	20	68
8	82	15	74	37	51	0	90	10	78
6	84	10	79	35	51	2	87	30	54
6	87	15	78	35	57	2	91	15	74
5	85	9	81	43	45	1	89	31	58
5	85	15	76	31	55	1	89	30	59
3	87	10	80	47	42	0	89	62	25
9	80	16	73	55	34	0	90	79	10
6	84	17	73	60	28	0	90	89	1
5	86	18	73	58	33	2	89	88	3
6	82	25	65	67	21	0	90	90	0
5	85	23	67	72	17	1	89	89	1
84	121	72	129	107	20	88	89	89	2
8	82	14	76	64	26	0	90	87	2
8	81	21	68	68	21	0	90	90	0
9	82	25	65	54	33	0	91	90	1
8	81	15	75	75	14	0	90	90	0
5	85	16	73	66	23	0	90	90	0
11	80	20	69	68	22	1	90	89	2
10	79	21	68	57	31	2	87	82	6
81	146	38	128	79	42	89	91	63	27
6	84	13	77	49	41	1	89	48	40
73	171	20	129	65	54	93	82	30	55
5	85	8	80	35	51	2	88	22	68
4	86	21	70	35	56	5	86	29	56
2	85	8	81	39	49	4	85	36	51
3	86	12	77	35	51	1	89	45	42



d11	d12	d13	d14	d15	d16	e1	e2	e3	e4
10	67	3	74	5	72	67	67	1	76
3	80	0	83	0	83	81	81	0	83
1	86	0	87	0	87	84	84	0	87
64	16	78	2	10	70	78	78	24	31
69	3	69	3	4	68	71	71	3	0
82	0	81	1	8	74	72	72	0	0
83	1	84	0	10	74	77	77	1	0
90	0	90	0	12	78	77	77	0	2
53	10	42	20	19	44	47	47	0	15
84	6	53	36	5	85	56	56	0	9
75	5	40	40	21	60	60	60	0	0
83	4	35	50	11	76	68	68	5	0
87	3	27	64	15	76	67	67	11	0
78	11	16	71	6	83	28	61	51	0
79	11	7	83	7	83	29	61	70	0
86	4	12	78	4	86	34	55	61	0
83	8	17	73	6	85	37	53	52	0
88	2	20	68	8	82	35	55	72	0
81	8	36	50	3	87	29	61	84	0
82	8	44	44	3	86	17	72	89	0
77	14	52	38	7	84	14	75	89	0
66	23	56	30	4	86	10	79	90	0
86	4	54	35	11	79	59	102	90	0
78	12	55	34	14	75	116	132	212	16
61	29	54	35	4	86	11	79	90	0
84	6	61	27	6	84	10	79	90	0
85	6	63	27	20	71	66	104	146	22
80	10	63	25	8	80	51	92	151	14
76	13	57	31	5	85	10	80	90	0
73	6	49	30	13	66	51	103	134	8
84	6	63	26	17	73	11	79	88	0
78	11	58	30	5	85	15	75	89	0
0	0	0	0	0	0	45	86	152	29
72	18	55	32	6	84	9	80	74	0
83	7	61	26	8	82	7	82	73	0
83	8	59	31	10	81	9	82	59	0
75	15	57	33	6	84	40	119	118	14
75	15	59	29	5	84	83	83	75	0
88	3	60	31	3	88	83	83	67	0
66	23	55	35	1	89	85	85	72	0
36	54	56	32	2	86	81	81	82	0
54	33	54	32	0	90	83	83	83	0



63	28	53	38	2	89	73	73	88	0
71	19	48	42	0	90	70	70	89	0
28	62	45	43	0	90	63	63	86	0
41	48	44	45	0	91	56	56	87	0
38	52	38	51	0	90	53	53	90	0
31	59	31	56	0	90	53	53	89	0
9	81	40	50	0	91	49	49	87	0
30	59	29	59	0	90	52	52	91	0
32	58	31	57	0	90	48	48	90	0
16	75	42	48	0	91	45	45	90	0
19	70	47	43	0	90	54	54	91	0
13	76	53	36	0	90	51	51	90	0
15	74	62	29	1	90	62	62	89	0
12	78	59	29	0	89	75	75	88	0
47	42	69	16	0	90	81	81	88	0
66	23	80	10	0	90	83	83	82	0
77	13	76	13	0	91	83	83	89	0
51	39	74	12	0	90	86	86	85	0
49	41	61	25	0	90	85	85	87	0
48	45	73	16	0	93	89	89	90	0
65	24	68	18	0	90	88	88	88	0
87	4	65	23	1	90	85	85	90	0
56	34	57	30	0	90	71	71	90	0
68	22	53	36	0	90	70	70	90	0
36	54	50	40	0	90	55	55	90	0
72	19	48	43	0	91	61	61	91	0
64	26	45	44	0	90	50	50	90	0
72	18	44	46	0	90	55	55	90	0
66	25	43	46	0	91	54	54	91	0
56	34	39	51	0	90	53	133	99	52
24	64	40	48	0	90	49	49	90	0
24	67	44	46	0	91	69	118	105	56
22	68	43	47	0	90	89	183	116	94
23	67	45	45	0	90	55	55	90	0
45	46	48	43	1	90	58	58	91	0
64	25	54	34	2	87	63	63	89	0
75	16	55	35	0	91	77	77	91	0
83	6	68	21	0	90	86	163	112	39
77	10	70	14	0	87	81	81	87	0
84	6	77	13	1	89	85	85	90	0
90	1	74	17	1	90	81	81	91	0
79	10	71	16	2	87	84	84	89	0
85	4	80	9	0	90	79	79	90	0



e5	e6	e7	e8	e9	e10	e11	e12
9	68	1	76	9	67	1	75
2	81	0	83	2	81	0	83
2	84	0	87	2	85	0	87
2	78	4	75	2	78	5	75
1	71	4	64	1	71	4	65
10	72	12	62	10	72	9	62
7	77	13	54	7	77	11	53
13	77	13	65	13	78	13	68
16	47	19	25	15	46	16	24
33	56	6	44	32	56	7	42
18	60	23	26	18	60	21	26
16	68	16	36	16	69	15	35
23	67	15	40	23	66	14	37
27	61	9	46	27	61	8	45
29	61	10	50	28	61	8	47
33	55	10	47	33	55	8	48
37	53	16	38	37	54	14	35
34	55	23	34	35	55	22	34
29	61	13	50	29	61	14	48
16	72	14	38	15	72	13	39
14	77	24	30	14	77	21	29
10	79	11	41	9	80	12	42
13	76	27	30	13	76	23	30
111	74	36	19	19	71	29	19
11	79	19	32	11	79	17	32
9	79	33	26	9	79	29	27
50	75	51	20	16	75	50	17
61	77	29	32	13	77	28	33
10	80	31	33	10	80	31	32
61	66	34	29	13	66	31	29
11	79	30	36	11	79	30	36
15	75	21	47	15	75	19	47
32	76	18	31	13	75	17	31
9	81	17	40	8	80	14	41
7	83	18	40	6	83	19	40
9	82	23	32	9	82	22	35
41	86	23	42	6	84	19	40
4	84	10	48	4	84	9	52
7	83	32	23	7	83	27	24
5	85	28	28	5	85	24	30
8	81	25	33	9	81	20	30
6	83	18	37	6	83	22	39



15	73	13	40	15	73	12	41
21	70	12	57	21	70	14	56
27	63	13	52	27	63	14	53
33	56	2	70	33	56	3	68
37	53	5	60	37	54	5	61
36	54	4	62	36	54	4	61
40	50	8	61	40	50	8	60
38	52	1	79	39	52	3	80
41	49	1	82	41	49	1	83
44	45	0	85	43	46	0	85
37	54	1	77	37	54	0	79
38	52	1	78	37	52	0	79
26	63	5	74	26	63	5	74
15	75	3	81	15	76	2	81
7	82	4	69	7	83	4	67
5	83	4	59	5	84	6	62
6	84	10	58	6	84	11	57
5	86	9	55	5	86	9	52
5	85	4	68	5	85	4	66
4	89	12	53	4	89	14	52
2	88	15	55	2	88	14	57
4	86	20	39	4	86	19	38
19	72	11	51	19	71	10	51
18	71	12	54	18	72	11	54
30	57	6	62	30	57	4	65
28	60	8	63	28	61	7	61
37	52	9	60	37	53	9	61
31	56	12	68	30	59	11	69
36	56	10	59	36	54	11	62
38	50	6	64	38	51	5	63
38	49	4	77	38	51	7	75
42	47	0	81	42	48	0	80
42	47	4	77	42	48	5	78
33	57	1	73	33	57	2	73
29	59	7	66	28	59	6	66
25	64	9	70	25	64	8	71
13	78	15	53	13	77	16	51
10	79	27	33	10	80	26	35
4	81	32	36	5	82	30	39
3	85	25	42	3	86	25	40
8	81	31	35	8	82	26	35
3	84	13	46	3	85	12	44
9	82	21	43	9	81	19	43



### ANEXO XIII- MATRIZ DOS PARÂMETROS DOS PONTOS BRILHANTES PARA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE PCA

	Defeitos	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8
D1H11	0	30	46	40	7	8	15	5	11
D1H12	1	29	50	59	5	19	15	5	11
D1H13	1	30	55	48	9	21	29	17	20
D1H14	2	27	50	51	6	14	21	13	9
D1H15	3	26	43	37	3	12	14	16	14
D1H16	8	25	56	52	6	13	13	11	16
D1H17	4	26	55	49	5	15	22	23	14
D1H18	4	26	62	42	8	19	21	11	10
D1H19	6	20	42	25	10	9	16	11	11
D1H20	5	29	60	37	6	21	22	11	11
D1H21	1	22	55	42	13	19	26	3	12
D1H22	0	24	59	37	12	17	20	7	12
D1H23	0	34	54	49	11	20	18	5	17
D2H0	1	25	61	37	14	30	20	7	11
D2H1	1	29	59	43	7	18	24	11	6
D2H2	1	28	62	41	12	13	24	16	15
D2H3	0	29	58	39	13	16	19	26	13
D2H4	0	28	61	42	11	25	25	16	18
D2H5	2	26	60	48	5	16	21	11	7
D2H6	3	26	60	53	8	28	20	10	4
D2H7	3	25	63	55	7	20	25	7	13
D2H8	0	29	59	40	3	16	13	4	6
D2H9	0	29	60	52	8	18	21	11	7
D2H10	0	31	59	57	6	20	21	11	17
D2H11	0	30	58	54	7	13	17	14	8
D2H12	1	32	58	48	7	23	18	9	13
D2H13	1	30	58	47	5	19	22	7	7
D2H14	2	29	60	40	16	17	26	15	13
D2H15	0	22	55	31	8	19	22	15	12
D2H16	1	25	64	37	14	16	19	13	20
D2H17	0	24	62	49	6	19	22	16	12
D2H18	1	25	59	33	12	23	23	13	10
D2H19	4	26	60	49	13	17	20	18	21
D2H20	0	27	59	53	9	17	24	18	19
D2H21	0	27	60	51	5	18	24	21	20
D2H22	0	23	64	35	18	24	12	20	19
D2H23	1	25	61	39	15	19	30	10	11
D3H0	3	50	124	72	24	35	40	31	31
D3H1	0	49	123	90	17	31	36	32	35
D3H2	1	45	127	99	13	34	31	32	31



D3H3	2	51	126	85	18	38	31	33	32
D3H4	0	48	130	99	11	31	31	31	30
D3H5	2	56	122	94	19	33	30	32	26
D3H6	2	52	119	102	12	35	40	27	22
D3H7	0	55	121	99	18	34	32	20	18
D3H8	3	56	118	101	15	28	32	15	21
D3H9	2	55	125	102	11	38	25	17	24
D3H10	0	56	119	100	20	25	32	16	18
D3H11	1	60	118	108	17	35	29	22	18
D3H12	4	53	128	92	19	33	41	16	20
D3H13	5	53	123	104	18	27	38	24	15
D3H14	3	55	117	112	10	26	31	22	22
D3H15	0	55	125	80	14	41	48	24	28
D3H16	1	49	125	78	12	40	27	35	34
D3H17	1	49	126	78	18	38	44	29	30
D3H18	2	50	126	87	13	44	32	40	24
D3H19	1	53	119	96	14	31	35	24	29
D3H20	0	47	124	87	23	29	28	29	32
D3H21	1	47	133	79	23	36	42	35	28
D3H22	0	53	126	91	16	32	43	30	29
D3H23	2	49	127	78	19	33	35	30	26
D4H0	0	27	59	40	8	18	20	17	17
D4H1	1	24	64	55	7	17	20	16	12
D4H2	2	22	67	55	4	19	12	15	14
D4H3	2	26	62	43	10	16	16	14	16
D4H4	3	26	62	54	8	19	14	10	16
D4H5	0	25	63	55	11	15	14	12	9
D4H6	0	24	59	46	6	21	19	12	12
D4H7	0	28	59	48	6	9	14	8	11
D4H8	1	29	58	44	8	12	13	8	14
D4H9	2	28	62	44	8	20	14	9	11
D4H10	3	25	62	50	9	11	15	10	13
D4H11	0	29	59	56	7	16	12	17	14
D4H12	0	24	67	50	9	18	22	6	9
D4H13	0	25	63	47	10	16	22	15	8
D4H14	0	28	60	55	7	13	15	18	14
D4H15	1	26	64	30	8	16	24	18	21
D4H16	2	24	63	34	4	22	12	22	23
D4H17	1	23	68	37	6	14	17	15	15
D4H18	0	23	67	44	5	15	15	23	13
D4H19	3	25	60	50	6	16	15	14	16
D4H20	0	23	62	40	12	15	17	15	14
D4H21	1	24	67	40	13	13	16	19	14
D4H22	0	27	61	39	8	17	16	17	12
D4H23	1	24	64	43	8	12	18	19	15





a9	a10	a11	a12	a13	a14	a15	a16	a17	a18
24	39	47	29	5	72	56	15	77	0
23	36	51	31	0	82	59	16	83	0
33	37	56	29	1	86	51	22	87	0
21	34	51	27	2	74	61	11	80	0
24	26	43	25	2	69	57	10	55	0
25	42	54	27	1	80	66	11	50	0
24	40	49	33	1	83	60	16	0	74
36	33	53	33	0	90	61	19	0	90
13	32	39	19	5	58	51	8	10	50
24	43	58	30	0	90	60	21	0	90
31	34	53	27	2	77	55	18	0	81
20	42	47	39	1	85	58	21	0	77
24	45	54	35	0	91	66	18	23	25
34	42	51	34	0	90	64	22	20	5
26	43	57	33	0	90	59	19	45	0
29	38	57	31	0	91	63	25	42	0
31	44	55	35	0	90	55	18	80	0
24	36	51	36	0	90	65	19	90	0
32	38	52	36	0	90	57	18	90	0
31	36	57	33	0	91	65	19	91	0
23	33	54	33	0	90	60	20	90	0
30	38	60	29	0	90	66	24	90	0
29	39	51	35	0	90	56	16	90	0
37	38	57	33	0	90	65	21	90	0
24	39	55	32	0	90	63	17	90	0
32	38	56	32	0	91	67	15	91	0
38	48	55	34	0	90	64	16	90	0
28	29	61	29	0	90	64	15	90	0
34	43	47	27	1	77	55	20	79	0
25	33	53	34	1	89	59	17	90	0
28	36	54	30	0	90	67	22	90	0
32	42	57	29	1	87	58	18	88	0
26	32	54	33	0	90	66	23	90	0
36	48	55	34	0	90	62	19	90	0
21	39	51	38	0	91	64	17	91	0
26	42	53	35	0	90	66	24	89	0
26	42	51	37	0	90	55	24	60	0
55	71	106	180	0	180	34	34	180	0
56	66	112	180	0	180	33	33	180	0
63	75	104	182	0	182	39	39	182	0
53	75	103	180	0	180	35	35	180	0
62	65	113	180	0	180	31	31	180	0



56	67	108	180	0	180	35	35	180	0
52	72	104	182	0	182	26	26	182	0
50	64	113	180	0	180	31	31	180	0
51	61	115	180	0	180	33	33	180	0
63	65	112	182	0	182	31	31	182	0
64	62	114	180	0	180	38	38	180	0
51	68	106	180	0	180	22	22	180	0
69	65	113	182	0	182	35	35	182	0
63	69	110	180	0	180	39	39	180	0
58	70	108	180	0	180	33	33	180	0
59	62	118	182	0	182	41	41	162	0
53	56	115	178	0	178	33	33	167	0
51	68	108	181	0	181	43	43	126	6
65	71	105	181	0	181	32	32	99	25
52	67	108	177	0	177	40	40	130	0
49	70	104	180	0	180	24	24	135	0
57	71	104	181	0	181	42	42	181	0
55	60	117	179	0	179	34	34	180	0
67	74	102	180	0	180	35	35	180	0
27	39	49	40	0	90	67	15	90	0
27	44	56	34	0	90	62	21	90	0
34	37	54	36	0	91	67	17	91	0
27	37	49	40	0	90	67	17	90	0
30	46	56	34	0	90	71	14	90	0
26	37	54	33	0	90	63	17	90	0
29	43	53	34	0	91	71	11	91	0
21	49	57	31	0	90	65	16	90	0
24	41	58	30	0	90	64	15	90	0
33	37	54	33	0	91	68	16	91	0
35	41	54	34	0	90	62	17	90	0
23	43	51	37	0	90	65	11	90	0
30	44	55	34	0	91	69	15	91	0
32	33	53	37	0	90	60	22	90	0
26	34	54	34	0	90	68	16	90	0
31	37	60	30	0	91	55	23	72	0
30	36	55	32	0	88	66	15	77	0
28	41	55	34	0	91	57	22	37	5
29	36	50	38	0	90	66	14	10	26
29	45	57	29	0	87	63	17	40	0
23	35	55	32	0	90	70	12	43	0
29	49	53	32	0	91	64	19	91	0
28	45	60	28	0	88	64	15	89	0
36	41	56	33	0	90	64	19	90	0



a19	a20	a21	a22	a23	a24	a25	a26	a27	a28
0	77	6	68	23	34	9	67	0	77
0	83	15	65	22	43	20	56	0	83
0	87	15	57	42	24	27	52	0	87
0	80	6	68	19	40	9	65	0	80
0	72	13	50	15	32	22	44	2	69
0	82	9	70	25	33	13	67	0	82
0	84	10	66	28	36	20	60	0	84
0	90	19	60	31	38	26	57	0	90
0	63	11	50	22	19	17	45	0	63
0	90	13	64	29	40	31	55	0	90
0	81	15	57	20	44	21	56	0	81
0	87	14	68	30	35	21	52	0	87
0	91	26	58	33	41	35	48	0	91
0	90	21	57	35	27	29	56	12	42
0	90	18	59	23	39	29	55	50	0
0	91	22	58	30	34	26	52	44	9
0	90	18	62	30	34	30	52	78	0
0	90	21	57	27	28	33	53	47	14
0	90	26	54	32	27	30	54	16	10
0	91	22	55	39	34	30	51	12	9
0	90	20	56	23	41	29	50	20	29
0	90	29	53	34	37	28	55	2	40
0	90	20	56	33	31	31	50	4	14
0	90	22	65	22	46	32	53	25	8
66	6	22	59	34	32	28	55	0	81
28	44	21	56	33	29	34	46	0	72
0	78	18	60	37	28	29	51	0	78
0	81	21	53	37	31	34	50	7	62
0	79	10	64	22	38	12	66	25	19
0	90	17	65	30	39	27	53	25	31
29	44	21	62	37	31	33	49	26	31
88	0	13	63	24	47	27	52	17	54
90	0	17	62	28	41	28	51	0	89
90	0	21	63	30	40	32	51	0	73
91	0	16	68	30	40	30	51	0	91
90	0	17	63	33	29	32	50	0	89
0	90	24	58	33	33	35	54	3	70
180	0	39	39	46	85	56	104	0	180
180	0	39	39	63	70	65	104	0	180
182	0	42	42	64	66	63	105	0	182
180	0	44	44	57	79	62	105	0	180
180	0	44	44	68	68	62	110	0	180



180	0	46	46	57	64	66	99	0	180
182	0	41	41	52	79	63	106	0	182
180	0	45	45	64	68	65	105	0	180
180	0	37	37	55	72	65	105	0	180
182	0	51	51	60	65	63	99	0	182
180	0	41	41	61	78	64	100	0	180
180	0	41	41	60	78	68	107	0	180
182	0	37	37	50	75	68	105	0	182
177	0	43	43	68	68	63	106	0	180
180	0	41	41	52	77	66	104	0	180
170	2	48	48	56	73	63	106	0	182
170	0	42	42	58	68	56	108	0	179
144	14	44	44	62	69	67	105	0	181
179	0	50	50	64	72	62	104	0	181
177	0	45	45	61	65	65	100	0	177
180	0	44	44	60	72	58	105	0	180
181	0	43	43	63	72	64	104	0	181
180	0	40	40	52	70	61	104	0	180
180	0	47	47	59	70	63	104	0	180
90	0	17	63	20	37	31	51	0	90
90	0	22	58	34	28	30	51	0	90
91	0	23	55	31	33	31	54	0	91
90	0	23	57	29	39	29	53	0	90
90	0	23	56	31	32	32	55	0	90
90	0	26	57	30	34	31	49	0	90
91	0	26	57	27	39	34	54	0	91
90	0	25	57	30	39	31	52	0	90
90	0	17	60	24	37	34	53	0	90
91	0	26	60	26	34	31	52	0	91
90	0	25	56	30	39	31	48	0	90
90	0	24	57	27	42	36	52	0	90
91	0	21	61	24	35	36	51	0	91
87	0	26	52	33	33	29	55	0	90
90	0	27	55	29	37	33	51	0	90
79	2	23	59	30	38	31	56	0	91
85	0	24	49	28	34	26	53	0	89
91	0	23	55	34	32	32	55	0	91
90	0	26	56	23	42	31	52	0	90
87	0	22	57	30	32	30	50	0	87
90	0	21	62	29	36	31	55	0	90
91	0	28	58	29	36	33	52	0	91
89	0	24	58	28	34	31	50	0	89
90	0	20	58	30	34	34	51	0	90



a29	a30	a31	a32	b1	b2	c1	c2	c3	c4
30	31	28	39	0	77	60	16	0	77
20	44	26	41	0	83	76	6	0	83
27	38	46	23	0	87	81	6	0	87
27	31	21	49	8	65	77	3	56	24
13	41	23	39	11	58	70	2	68	4
27	37	21	43	6	69	69	12	74	4
21	40	24	42	3	78	75	8	73	5
33	38	38	33	1	88	76	14	78	5
19	28	21	36	32	31	37	26	49	10
24	40	38	31	84	4	42	47	85	0
24	41	26	35	77	2	39	40	65	10
26	38	32	35	85	2	46	41	76	6
23	40	33	35	91	0	40	49	82	3
27	42	37	28	90	0	41	47	84	1
26	37	32	38	90	0	41	47	85	0
30	43	26	44	90	0	32	56	85	1
31	31	33	34	90	1	34	54	80	2
33	37	34	28	90	0	33	55	73	1
21	52	23	50	90	0	40	49	79	0
35	31	41	27	89	0	45	42	82	0
21	41	27	42	90	0	45	45	75	1
18	49	29	40	89	0	52	33	82	1
31	38	46	26	90	0	52	36	73	5
29	43	31	40	90	0	50	39	70	4
28	40	39	29	88	1	50	36	79	2
25	39	40	29	89	1	49	39	73	2
29	43	33	38	88	1	56	31	49	12
32	40	29	36	89	0	55	32	70	5
19	42	20	43	90	0	54	32	71	3
32	40	35	35	76	2	37	40	55	7
30	41	44	26	87	3	49	38	64	7
27	36	26	44	89	0	49	38	79	1
25	42	36	30	86	2	53	32	74	6
20	47	27	40	90	0	48	34	79	6
31	41	31	42	89	1	50	40	76	3
27	38	41	29	89	0	50	38	73	2
17	48	31	37	90	0	46	40	80	2
47	89	53	94	90	0	49	39	90	0
53	76	69	65	90	0	55	34	89	1
55	88	72	75	91	0	61	26	90	0
51	82	64	75	90	0	50	38	85	0
47	77	78	62	89	1	55	34	85	1



64	70	83	50	90	0	47	42	89	0
58	76	62	73	91	0	45	45	83	0
48	80	68	68	90	0	37	48	80	4
60	81	76	66	90	0	27	62	77	2
56	94	67	72	91	0	29	61	87	0
51	83	69	73	90	0	23	67	86	0
43	88	67	73	90	0	29	59	87	0
51	85	66	76	91	0	22	68	86	2
62	74	81	52	90	0	20	67	86	0
46	83	64	66	90	0	13	77	85	1
52	86	63	75	91	0	15	76	88	0
54	84	66	69	90	0	31	59	86	1
39	93	62	74	90	0	39	50	89	1
54	76	64	72	91	0	44	47	91	0
47	82	52	83	90	0	50	39	88	0
53	78	71	64	90	0	55	35	89	0
42	86	76	54	90	0	56	33	86	1
47	92	66	74	91	0	50	39	85	3
56	80	66	71	90	0	59	30	81	2
29	42	28	43	93	0	61	31	74	6
21	39	29	40	89	0	57	31	62	12
29	40	36	34	91	0	53	38	83	3
26	42	31	40	90	0	48	41	71	6
30	32	39	31	90	0	39	49	82	3
34	32	47	23	90	0	37	50	66	16
26	42	34	32	91	0	37	53	75	16
25	40	31	41	90	0	26	59	90	0
26	45	37	32	90	0	25	64	90	0
31	42	37	36	91	0	28	61	91	0
29	42	33	41	90	0	26	63	90	0
20	42	34	33	90	0	23	65	90	0
27	46	37	37	91	0	16	75	91	0
27	38	35	27	90	0	17	71	90	0
26	38	28	33	90	0	21	69	90	0
28	43	30	38	91	0	26	62	91	0
29	43	31	36	88	1	37	51	89	0
20	48	30	39	91	0	45	46	91	0
24	37	30	39	90	0	49	41	90	0
24	42	27	39	87	0	52	35	87	0
29	37	29	38	90	0	60	30	90	0
26	44	36	25	90	1	63	28	91	0
26	45	34	36	88	1	61	26	89	0
24	42	28	40	90	0	68	22	90	0



d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7	d8	d9	d10
5	72	28	48	63	13	5	72	42	35
0	83	27	56	64	16	0	83	13	69
0	87	26	60	68	19	0	87	0	86
4	76	19	60	65	15	9	71	10	69
2	70	15	56	61	11	5	67	3	67
11	70	25	57	49	31	11	71	2	80
6	77	19	63	43	39	16	67	0	84
10	80	22	68	28	60	15	75	0	90
5	58	8	55	26	35	22	41	5	58
10	80	26	64	44	46	17	72	8	82
6	74	7	74	33	47	25	56	14	65
9	78	20	67	52	34	17	70	30	51
8	82	22	68	55	36	21	69	44	42
5	84	12	77	53	35	12	76	65	23
7	83	20	70	57	32	11	79	78	12
7	83	17	70	59	28	7	82	83	6
11	80	14	77	60	30	8	82	82	9
11	79	19	71	58	29	14	76	79	11
15	75	16	74	54	32	7	83	67	22
8	82	21	69	55	34	11	79	42	46
16	75	27	62	43	45	11	80	35	53
12	78	18	72	44	46	8	82	18	71
15	75	19	70	34	54	20	70	10	78
12	78	15	74	43	46	25	64	14	74
10	80	20	69	45	45	15	74	18	70
9	80	16	74	39	50	17	73	23	65
11	80	18	73	32	59	36	55	9	81
7	83	22	68	44	45	23	65	13	73
10	79	15	75	36	53	14	75	18	72
9	70	17	60	41	36	23	54	19	55
5	84	18	72	43	45	21	69	23	65
151	207	45	176	98	65	185	76	26	67
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	81	21	68	32	56	12	78	18	69
6	84	18	71	34	56	13	76	17	72
7	83	16	75	45	45	20	71	12	77
77	162	50	121	64	58	96	78	25	64
4	86	15	72	39	48	15	73	27	62
9	82	14	77	28	63	9	82	19	70
7	83	19	70	43	46	5	84	17	71
7	83	15	74	30	57	7	83	9	78
4	86	22	67	49	40	12	78	27	62



7	84	24	67	46	43	5	86	44	45
10	79	16	73	54	33	6	84	75	15
10	79	12	75	62	28	2	88	85	5
11	80	22	69	65	25	4	87	91	0
9	81	17	73	71	19	1	89	86	4
6	84	14	76	65	25	0	90	89	1
11	80	23	68	75	15	1	89	88	3
12	78	18	72	70	16	1	89	90	0
10	80	25	65	67	23	0	90	90	0
11	80	18	72	67	22	0	91	86	5
3	87	21	69	61	27	0	90	86	4
5	85	21	69	59	31	0	89	63	25
10	81	18	72	51	39	0	91	34	55
3	87	29	61	43	44	1	89	8	81
2	88	20	70	49	41	1	89	10	80
7	83	15	74	45	44	0	90	18	70
6	85	14	77	46	45	0	91	20	68
8	82	15	74	37	51	0	90	10	78
6	84	10	79	35	51	2	87	30	54
6	87	15	78	35	57	2	91	15	74
5	85	9	81	43	45	1	89	31	58
5	85	15	76	31	55	1	89	30	59
3	87	10	80	47	42	0	89	62	25
9	80	16	73	55	34	0	90	79	10
6	84	17	73	60	28	0	90	89	1
5	86	18	73	58	33	2	89	88	3
6	82	25	65	67	21	0	90	90	0
5	85	23	67	72	17	1	89	89	1
84	121	72	129	107	20	88	89	89	2
8	82	14	76	64	26	0	90	87	2
8	81	21	68	68	21	0	90	90	0
9	82	25	65	54	33	0	91	90	1
8	81	15	75	75	14	0	90	90	0
5	85	16	73	66	23	0	90	90	0
11	80	20	69	68	22	1	90	89	2
10	79	21	68	57	31	2	87	82	6
81	146	38	128	79	42	89	91	63	27
6	84	13	77	49	41	1	89	48	40
73	171	20	129	65	54	93	82	30	55
5	85	8	80	35	51	2	88	22	68
4	86	21	70	35	56	5	86	29	56
2	85	8	81	39	49	4	85	36	51
3	86	12	77	35	51	1	89	45	42





d11	d12	d13	d14	d15	d16	e1	e2	e3	e4
10	67	3	74	5	72	67	67	1	76
3	80	0	83	0	83	81	81	0	83
1	86	0	87	0	87	84	84	0	87
64	16	78	2	10	70	78	78	24	31
69	3	69	3	4	68	71	71	3	0
82	0	81	1	8	74	72	72	0	0
83	1	84	0	10	74	77	77	1	0
90	0	90	0	12	78	77	77	0	2
53	10	42	20	19	44	47	47	0	15
84	6	53	36	5	85	56	56	0	9
75	5	40	40	21	60	60	60	0	0
83	4	35	50	11	76	68	68	5	0
87	3	27	64	15	76	67	67	11	0
78	11	16	71	6	83	28	61	51	0
79	11	7	83	7	83	29	61	70	0
86	4	12	78	4	86	34	55	61	0
83	8	17	73	6	85	37	53	52	0
88	2	20	68	8	82	35	55	72	0
81	8	36	50	3	87	29	61	84	0
82	8	44	44	3	86	17	72	89	0
77	14	52	38	7	84	14	75	89	0
66	23	56	30	4	86	10	79	90	0
86	4	54	35	11	79	59	102	90	0
78	12	55	34	14	75	116	132	212	16
61	29	54	35	4	86	11	79	90	0
84	6	61	27	6	84	10	79	90	0
85	6	63	27	20	71	66	104	146	22
80	10	63	25	8	80	51	92	151	14
76	13	57	31	5	85	10	80	90	0
73	6	49	30	13	66	51	103	134	8
84	6	63	26	17	73	11	79	88	0
78	11	58	30	5	85	15	75	89	0
0	0	0	0	0	0	45	86	152	29
72	18	55	32	6	84	9	80	74	0
83	7	61	26	8	82	7	82	73	0
83	8	59	31	10	81	9	82	59	0
75	15	57	33	6	84	40	119	118	14
75	15	59	29	5	84	83	83	75	0
88	3	60	31	3	88	83	83	67	0
66	23	55	35	1	89	85	85	72	0
36	54	56	32	2	86	81	81	82	0
54	33	54	32	0	90	83	83	83	0



63	28	53	38	2	89	73	73	88	0
71	19	48	42	0	90	70	70	89	0
28	62	45	43	0	90	63	63	86	0
41	48	44	45	0	91	56	56	87	0
38	52	38	51	0	90	53	53	90	0
31	59	31	56	0	90	53	53	89	0
9	81	40	50	0	91	49	49	87	0
30	59	29	59	0	90	52	52	91	0
32	58	31	57	0	90	48	48	90	0
16	75	42	48	0	91	45	45	90	0
19	70	47	43	0	90	54	54	91	0
13	76	53	36	0	90	51	51	90	0
15	74	62	29	1	90	62	62	89	0
12	78	59	29	0	89	75	75	88	0
47	42	69	16	0	90	81	81	88	0
66	23	80	10	0	90	83	83	82	0
77	13	76	13	0	91	83	83	89	0
51	39	74	12	0	90	86	86	85	0
49	41	61	25	0	90	85	85	87	0
48	45	73	16	0	93	89	89	90	0
65	24	68	18	0	90	88	88	88	0
87	4	65	23	1	90	85	85	90	0
56	34	57	30	0	90	71	71	90	0
68	22	53	36	0	90	70	70	90	0
36	54	50	40	0	90	55	55	90	0
72	19	48	43	0	91	61	61	91	0
64	26	45	44	0	90	50	50	90	0
72	18	44	46	0	90	55	55	90	0
66	25	43	46	0	91	54	54	91	0
56	34	39	51	0	90	53	133	99	52
24	64	40	48	0	90	49	49	90	0
24	67	44	46	0	91	69	118	105	56
22	68	43	47	0	90	89	183	116	94
23	67	45	45	0	90	55	55	90	0
45	46	48	43	1	90	58	58	91	0
64	25	54	34	2	87	63	63	89	0
75	16	55	35	0	91	77	77	91	0
83	6	68	21	0	90	86	163	112	39
77	10	70	14	0	87	81	81	87	0
84	6	77	13	1	89	85	85	90	0
90	1	74	17	1	90	81	81	91	0
79	10	71	16	2	87	84	84	89	0
85	4	80	9	0	90	79	79	90	0



e5	e6	e7	e8	e9	e10	e11	e12
9	68	1	76	9	67	1	75
2	81	0	83	2	81	0	83
2	84	0	87	2	85	0	87
2	78	4	75	2	78	5	75
1	71	4	64	1	71	4	65
10	72	12	62	10	72	9	62
7	77	13	54	7	77	11	53
13	77	13	65	13	78	13	68
16	47	19	25	15	46	16	24
33	56	6	44	32	56	7	42
18	60	23	26	18	60	21	26
16	68	16	36	16	69	15	35
23	67	15	40	23	66	14	37
27	61	9	46	27	61	8	45
29	61	10	50	28	61	8	47
33	55	10	47	33	55	8	48
37	53	16	38	37	54	14	35
34	55	23	34	35	55	22	34
29	61	13	50	29	61	14	48
16	72	14	38	15	72	13	39
14	77	24	30	14	77	21	29
10	79	11	41	9	80	12	42
13	76	27	30	13	76	23	30
111	74	36	19	19	71	29	19
11	79	19	32	11	79	17	32
9	79	33	26	9	79	29	27
50	75	51	20	16	75	50	17
61	77	29	32	13	77	28	33
10	80	31	33	10	80	31	32
61	66	34	29	13	66	31	29
11	79	30	36	11	79	30	36
15	75	21	47	15	75	19	47
32	76	18	31	13	75	17	31
9	81	17	40	8	80	14	41
7	83	18	40	6	83	19	40
9	82	23	32	9	82	22	35
41	86	23	42	6	84	19	40
4	84	10	48	4	84	9	52
7	83	32	23	7	83	27	24
5	85	28	28	5	85	24	30
8	81	25	33	9	81	20	30
6	83	18	37	6	83	22	39



15	73	13	40	15	73	12	41
21	70	12	57	21	70	14	56
27	63	13	52	27	63	14	53
33	56	2	70	33	56	3	68
37	53	5	60	37	54	5	61
36	54	4	62	36	54	4	61
40	50	8	61	40	50	8	60
38	52	1	79	39	52	3	80
41	49	1	82	41	49	1	83
44	45	0	85	43	46	0	85
37	54	1	77	37	54	0	79
38	52	1	78	37	52	0	79
26	63	5	74	26	63	5	74
15	75	3	81	15	76	2	81
7	82	4	69	7	83	4	67
5	83	4	59	5	84	6	62
6	84	10	58	6	84	11	57
5	86	9	55	5	86	9	52
5	85	4	68	5	85	4	66
4	89	12	53	4	89	14	52
2	88	15	55	2	88	14	57
4	86	20	39	4	86	19	38
19	72	11	51	19	71	10	51
18	71	12	54	18	72	11	54
30	57	6	62	30	57	4	65
28	60	8	63	28	61	7	61
37	52	9	60	37	53	9	61
31	56	12	68	30	59	11	69
36	56	10	59	36	54	11	62
38	50	6	64	38	51	5	63
38	49	4	77	38	51	7	75
42	47	0	81	42	48	0	80
42	47	4	77	42	48	5	78
33	57	1	73	33	57	2	73
29	59	7	66	28	59	6	66
25	64	9	70	25	64	8	71
13	78	15	53	13	77	16	51
10	79	27	33	10	80	26	35
4	81	32	36	5	82	30	39
3	85	25	42	3	86	25	40
8	81	31	35	8	82	26	35
3	84	13	46	3	85	12	44
9	82	21	43	9	81	19	43



# ANEXO XIV - MATRIZ DOS PARÂMETROS DOS PONTOS PRETOS PARA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE PCA

	Defeitos	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8
D1H11	0	30	46	40	7	8	15	5	11
D1H12	0	29	50	59	5	19	15	5	11
D1H13	1	30	55	48	9	21	29	17	20
D1H14	3	27	50	51	6	14	21	13	9
D1H15	6	26	43	37	3	12	14	16	14
D1H16	9	25	56	52	6	13	13	11	16
D1H17	3	26	55	49	5	15	22	23	14
D1H18	4	26	62	42	8	19	21	11	10
D1H19	6	20	42	25	10	9	16	11	11
D1H20	5	29	60	37	6	21	22	11	11
D1H21	0	22	55	42	13	19	26	3	12
D1H22	0	24	59	37	12	17	20	7	12
D1H23	0	34	54	49	11	20	18	5	17
D2H0	1	25	61	37	14	30	20	7	11
D2H1	1	29	59	43	7	18	24	11	6
D2H2	0	28	62	41	12	13	24	16	15
D2H3	2	29	58	39	13	16	19	26	13
D2H4	0	28	61	42	11	25	25	16	18
D2H5	0	26	60	48	5	16	21	11	7
D2H6	0	26	60	53	8	28	20	10	4
D2H7	0	25	63	55	7	20	25	7	13
D2H8	0	29	59	40	3	16	13	4	6
D2H9	0	29	60	52	8	18	21	11	7
D2H10	0	31	59	57	6	20	21	11	17
D2H11	0	30	58	54	7	13	17	14	8
D2H12	0	32	58	48	7	23	18	9	13
D2H13	0	30	58	47	5	19	22	7	7
D2H14	0	29	60	40	16	17	26	15	13
D2H15	0	22	55	31	8	19	22	15	12
D2H16	1	25	64	37	14	16	19	13	20
D2H17	0	24	62	49	6	19	22	16	12
D2H18	1	25	59	33	12	23	23	13	10
D2H19	3	26	60	49	13	17	20	18	21
D2H20	0	27	59	53	9	17	24	18	19
D2H21	0	27	60	51	5	18	24	21	20
D2H22	0	23	64	35	18	24	12	20	19
D2H23	2	25	61	39	15	19	30	10	11
D3H0	3	50	124	72	24	35	40	31	31
D3H1	0	49	123	90	17	31	36	32	35
D3H2	0	45	127	99	13	34	31	32	31



D3H3	0	51	126	85	18	38	31	33	32
D3H4	0	48	130	99	11	31	31	31	30
D3H5	4	56	122	94	19	33	30	32	26
D3H6	2	52	119	102	12	35	40	27	22
D3H7	0	55	121	99	18	34	32	20	18
D3H8	0	56	118	101	15	28	32	15	21
D3H9	0	55	125	102	11	38	25	17	24
D3H10	0	56	119	100	20	25	32	16	18
D3H11	0	60	118	108	17	35	29	22	18
D3H12	0	53	128	92	19	33	41	16	20
D3H13	0	53	123	104	18	27	38	24	15
D3H14	0	55	117	112	10	26	31	22	22
D3H15	0	55	125	80	14	41	48	24	28
D3H16	1	49	125	78	12	40	27	35	34
D3H17	1	49	126	78	18	38	44	29	30
D3H18	2	50	126	87	13	44	32	40	24
D3H19	1	53	119	96	14	31	35	24	29
D3H20	0	47	124	87	23	29	28	29	32
D3H21	0	47	133	79	23	36	42	35	28
D3H22	0	53	126	91	16	32	43	30	29
D3H23	2	49	127	78	19	33	35	30	26
D4H0	0	27	59	40	8	18	20	17	17
D4H1	0	24	64	55	7	17	20	16	12
D4H2	0	22	67	55	4	19	12	15	14
D4H3	0	26	62	43	10	16	16	14	16
D4H4	0	26	62	54	8	19	14	10	16
D4H5	0	25	63	55	11	15	14	12	9
D4H6	0	24	59	46	6	21	19	12	12
D4H7	0	28	59	48	6	9	14	8	11
D4H8	1	29	58	44	8	12	13	8	14
D4H9	2	28	62	44	8	20	14	9	11
D4H10	3	25	62	50	9	11	15	10	13
D4H11	0	29	59	56	7	16	12	17	14
D4H12	0	24	67	50	9	18	22	6	9
D4H13	0	25	63	47	10	16	22	15	8
D4H14	0	28	60	55	7	13	15	18	14
D4H15	1	26	64	30	8	16	24	18	21
D4H16	2	24	63	34	4	22	12	22	23
D4H17	1	23	68	37	6	14	17	15	15
D4H18	0	23	67	44	5	15	15	23	13
D4H19	3	25	60	50	6	16	15	14	16
D4H20	0	23	62	40	12	15	17	15	14
D4H21	1	24	67	40	13	13	16	19	14
D4H22	0	27	61	39	8	17	16	17	12
D4H23	1	24	64	43	8	12	18	19	15



a9	a10	a11	a12	a13	a14	a15	a16	a17	a18
24	39	47	29	5	72	56	15	77	0
23	36	51	31	0	82	59	16	83	0
33	37	56	29	1	86	51	22	87	0
21	34	51	27	2	74	61	11	80	0
24	26	43	25	2	69	57	10	55	0
25	42	54	27	1	80	66	11	50	0
24	40	49	33	1	83	60	16	0	74
36	33	53	33	0	90	61	19	0	90
13	32	39	19	5	58	51	8	10	50
24	43	58	30	0	90	60	21	0	90
31	34	53	27	2	77	55	18	0	81
20	42	47	39	1	85	58	21	0	77
24	45	54	35	0	91	66	18	23	25
34	42	51	34	0	90	64	22	20	5
26	43	57	33	0	90	59	19	45	0
29	38	57	31	0	91	63	25	42	0
31	44	55	35	0	90	55	18	80	0
24	36	51	36	0	90	65	19	90	0
32	38	52	36	0	90	57	18	90	0
31	36	57	33	0	91	65	19	91	0
23	33	54	33	0	90	60	20	90	0
30	38	60	29	0	90	66	24	90	0
29	39	51	35	0	90	56	16	90	0
37	38	57	33	0	90	65	21	90	0
24	39	55	32	0	90	63	17	90	0
32	38	56	32	0	91	67	15	91	0
38	48	55	34	0	90	64	16	90	0
28	29	61	29	0	90	64	15	90	0
34	43	47	27	1	77	55	20	79	0
25	33	53	34	1	89	59	17	90	0
28	36	54	30	0	90	67	22	90	0
32	42	57	29	1	87	58	18	88	0
26	32	54	33	0	90	66	23	90	0
36	48	55	34	0	90	62	19	90	0
21	39	51	38	0	91	64	17	91	0
26	42	53	35	0	90	66	24	89	0
26	42	51	37	0	90	55	24	60	0
55	71	106	180	0	180	34	34	180	0
56	66	112	180	0	180	33	33	180	0
63	75	104	182	0	182	39	39	182	0
53	75	103	180	0	180	35	35	180	0



62	65	113	180	0	180	31	31	180	0
56	67	108	180	0	180	35	35	180	0
52	72	104	182	0	182	26	26	182	0
50	64	113	180	0	180	31	31	180	0
51	61	115	180	0	180	33	33	180	0
63	65	112	182	0	182	31	31	182	0
64	62	114	180	0	180	38	38	180	0
51	68	106	180	0	180	22	22	180	0
69	65	113	182	0	182	35	35	182	0
63	69	110	180	0	180	39	39	180	0
58	70	108	180	0	180	33	33	180	0
59	62	118	182	0	182	41	41	162	0
53	56	115	178	0	178	33	33	167	0
51	68	108	181	0	181	43	43	126	6
65	71	105	181	0	181	32	32	99	25
52	67	108	177	0	177	40	40	130	0
49	70	104	180	0	180	24	24	135	0
57	71	104	181	0	181	42	42	181	0
55	60	117	179	0	179	34	34	180	0
67	74	102	180	0	180	35	35	180	0
27	39	49	40	0	90	67	15	90	0
27	44	56	34	0	90	62	21	90	0
34	37	54	36	0	91	67	17	91	0
27	37	49	40	0	90	67	17	90	0
30	46	56	34	0	90	71	14	90	0
26	37	54	33	0	90	63	17	90	0
29	43	53	34	0	91	71	11	91	0
21	49	57	31	0	90	65	16	90	0
24	41	58	30	0	90	64	15	90	0
33	37	54	33	0	91	68	16	91	0
35	41	54	34	0	90	62	17	90	0
23	43	51	37	0	90	65	11	90	0
30	44	55	34	0	91	69	15	91	0
32	33	53	37	0	90	60	22	90	0
26	34	54	34	0	90	68	16	90	0
31	37	60	30	0	91	55	23	72	0
30	36	55	32	0	88	66	15	77	0
28	41	55	34	0	91	57	22	37	5
29	36	50	38	0	90	66	14	10	26
29	45	57	29	0	87	63	17	40	0
23	35	55	32	0	90	70	12	43	0
29	49	53	32	0	91	64	19	91	0
28	45	60	28	0	88	64	15	89	0
36	41	56	33	0	90	64	19	90	0





a19	a20	a21	a22	a23	a24	a25	a26	a27	a28
0	77	6	68	23	34	9	67	0	77
0	83	15	65	22	43	20	56	0	83
0	87	15	57	42	24	27	52	0	87
0	80	6	68	19	40	9	65	0	80
0	72	13	50	15	32	22	44	2	69
0	82	9	70	25	33	13	67	0	82
0	84	10	66	28	36	20	60	0	84
0	90	19	60	31	38	26	57	0	90
0	63	11	50	22	19	17	45	0	63
0	90	13	64	29	40	31	55	0	90
0	81	15	57	20	44	21	56	0	81
0	87	14	68	30	35	21	52	0	87
0	91	26	58	33	41	35	48	0	91
0	90	21	57	35	27	29	56	12	42
0	90	18	59	23	39	29	55	50	0
0	91	22	58	30	34	26	52	44	9
0	90	18	62	30	34	30	52	78	0
0	90	21	57	27	28	33	53	47	14
0	90	26	54	32	27	30	54	16	10
0	91	22	55	39	34	30	51	12	9
0	90	20	56	23	41	29	50	20	29
0	90	29	53	34	37	28	55	2	40
0	90	20	56	33	31	31	50	4	14
0	90	22	65	22	46	32	53	25	8
66	6	22	59	34	32	28	55	0	81
28	44	21	56	33	29	34	46	0	72
0	78	18	60	37	28	29	51	0	78
0	81	21	53	37	31	34	50	7	62
0	79	10	64	22	38	12	66	25	19
0	90	17	65	30	39	27	53	25	31
29	44	21	62	37	31	33	49	26	31
88	0	13	63	24	47	27	52	17	54
90	0	17	62	28	41	28	51	0	89
90	0	21	63	30	40	32	51	0	73
91	0	16	68	30	40	30	51	0	91
90	0	17	63	33	29	32	50	0	89
0	90	24	58	33	33	35	54	3	70
180	0	39	39	46	85	56	104	0	180
180	0	39	39	63	70	65	104	0	180
182	0	42	42	64	66	63	105	0	182
180	0	44	44	57	79	62	105	0	180
180	0	44	44	68	68	62	110	0	180



180	0	46	46	57	64	66	99	0	180
182	0	41	41	52	79	63	106	0	182
180	0	45	45	64	68	65	105	0	180
180	0	37	37	55	72	65	105	0	180
182	0	51	51	60	65	63	99	0	182
180	0	41	41	61	78	64	100	0	180
180	0	41	41	60	78	68	107	0	180
182	0	37	37	50	75	68	105	0	182
177	0	43	43	68	68	63	106	0	180
180	0	41	41	52	77	66	104	0	180
170	2	48	48	56	73	63	106	0	182
170	0	42	42	58	68	56	108	0	179
144	14	44	44	62	69	67	105	0	181
179	0	50	50	64	72	62	104	0	181
177	0	45	45	61	65	65	100	0	177
180	0	44	44	60	72	58	105	0	180
181	0	43	43	63	72	64	104	0	181
180	0	40	40	52	70	61	104	0	180
180	0	47	47	59	70	63	104	0	180
90	0	17	63	20	37	31	51	0	90
90	0	22	58	34	28	30	51	0	90
91	0	23	55	31	33	31	54	0	91
90	0	23	57	29	39	29	53	0	90
90	0	23	56	31	32	32	55	0	90
90	0	26	57	30	34	31	49	0	90
91	0	26	57	27	39	34	54	0	91
90	0	25	57	30	39	31	52	0	90
90	0	17	60	24	37	34	53	0	90
91	0	26	60	26	34	31	52	0	91
90	0	25	56	30	39	31	48	0	90
90	0	24	57	27	42	36	52	0	90
91	0	21	61	24	35	36	51	0	91
87	0	26	52	33	33	29	55	0	90
90	0	27	55	29	37	33	51	0	90
79	2	23	59	30	38	31	56	0	91
85	0	24	49	28	34	26	53	0	89
91	0	23	55	34	32	32	55	0	91
90	0	26	56	23	42	31	52	0	90
87	0	22	57	30	32	30	50	0	87
90	0	21	62	29	36	31	55	0	90
91	0	28	58	29	36	33	52	0	91
89	0	24	58	28	34	31	50	0	89
90	0	20	58	30	34	34	51	0	90



a29	a30	a31	a32	b1	b2	c1	c2	c3	c4
30	31	28	39	0	77	60	16	0	77
20	44	26	41	0	83	76	6	0	83
27	38	46	23	0	87	81	6	0	87
27	31	21	49	8	65	77	3	56	24
13	41	23	39	11	58	70	2	68	4
27	37	21	43	6	69	69	12	74	4
21	40	24	42	3	78	75	8	73	5
33	38	38	33	1	88	76	14	78	5
19	28	21	36	32	31	37	26	49	10
24	40	38	31	84	4	42	47	85	0
24	41	26	35	77	2	39	40	65	10
26	38	32	35	85	2	46	41	76	6
23	40	33	35	91	0	40	49	82	3
27	42	37	28	90	0	41	47	84	1
26	37	32	38	90	0	41	47	85	0
30	43	26	44	90	0	32	56	85	1
31	31	33	34	90	1	34	54	80	2
33	37	34	28	90	0	33	55	73	1
21	52	23	50	90	0	40	49	79	0
35	31	41	27	89	0	45	42	82	0
21	41	27	42	90	0	45	45	75	1
18	49	29	40	89	0	52	33	82	1
31	38	46	26	90	0	52	36	73	5
29	43	31	40	90	0	50	39	70	4
28	40	39	29	88	1	50	36	79	2
25	39	40	29	89	1	49	39	73	2
29	43	33	38	88	1	56	31	49	12
32	40	29	36	89	0	55	32	70	5
19	42	20	43	90	0	54	32	71	3
32	40	35	35	76	2	37	40	55	7
30	41	44	26	87	3	49	38	64	7
27	36	26	44	89	0	49	38	79	1
25	42	36	30	86	2	53	32	74	6
20	47	27	40	90	0	48	34	79	6
31	41	31	42	89	1	50	40	76	3
27	38	41	29	89	0	50	38	73	2
17	48	31	37	90	0	46	40	80	2
47	89	53	94	90	0	49	39	90	0
53	76	69	65	90	0	55	34	89	1
55	88	72	75	91	0	61	26	90	0
51	82	64	75	90	0	50	38	85	0
47	77	78	62	89	1	55	34	85	1



64	70	83	50	90	0	47	42	89	0
58	76	62	73	91	0	45	45	83	0
48	80	68	68	90	0	37	48	80	4
60	81	76	66	90	0	27	62	77	2
56	94	67	72	91	0	29	61	87	0
51	83	69	73	90	0	23	67	86	0
43	88	67	73	90	0	29	59	87	0
51	85	66	76	91	0	22	68	86	2
62	74	81	52	90	0	20	67	86	0
46	83	64	66	90	0	13	77	85	1
52	86	63	75	91	0	15	76	88	0
54	84	66	69	90	0	31	59	86	1
39	93	62	74	90	0	39	50	89	1
54	76	64	72	91	0	44	47	91	0
47	82	52	83	90	0	50	39	88	0
53	78	71	64	90	0	55	35	89	0
42	86	76	54	90	0	56	33	86	1
47	92	66	74	91	0	50	39	85	3
56	80	66	71	90	0	59	30	81	2
29	42	28	43	93	0	61	31	74	6
21	39	29	40	89	0	57	31	62	12
29	40	36	34	91	0	53	38	83	3
26	42	31	40	90	0	48	41	71	6
30	32	39	31	90	0	39	49	82	3
34	32	47	23	90	0	37	50	66	16
26	42	34	32	91	0	37	53	75	16
25	40	31	41	90	0	26	59	90	0
26	45	37	32	90	0	25	64	90	0
31	42	37	36	91	0	28	61	91	0
29	42	33	41	90	0	26	63	90	0
20	42	34	33	90	0	23	65	90	0
27	46	37	37	91	0	16	75	91	0
27	38	35	27	90	0	17	71	90	0
26	38	28	33	90	0	21	69	90	0
28	43	30	38	91	0	26	62	91	0
29	43	31	36	88	1	37	51	89	0
20	48	30	39	91	0	45	46	91	0
24	37	30	39	90	0	49	41	90	0
24	42	27	39	87	0	52	35	87	0
29	37	29	38	90	0	60	30	90	0
26	44	36	25	90	1	63	28	91	0
26	45	34	36	88	1	61	26	89	0
24	42	28	40	90	0	68	22	90	0



d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7	d8	d9	d10
5	72	28	48	63	13	5	72	42	35
0	83	27	56	64	16	0	83	13	69
0	87	26	60	68	19	0	87	0	86
4	76	19	60	65	15	9	71	10	69
2	70	15	56	61	11	5	67	3	67
11	70	25	57	49	31	11	71	2	80
6	77	19	63	43	39	16	67	0	84
10	80	22	68	28	60	15	75	0	90
5	58	8	55	26	35	22	41	5	58
10	80	26	64	44	46	17	72	8	82
6	74	7	74	33	47	25	56	14	65
9	78	20	67	52	34	17	70	30	51
8	82	22	68	55	36	21	69	44	42
5	84	12	77	53	35	12	76	65	23
7	83	20	70	57	32	11	79	78	12
7	83	17	70	59	28	7	82	83	6
11	80	14	77	60	30	8	82	82	9
11	79	19	71	58	29	14	76	79	11
15	75	16	74	54	32	7	83	67	22
8	82	21	69	55	34	11	79	42	46
16	75	27	62	43	45	11	80	35	53
12	78	18	72	44	46	8	82	18	71
15	75	19	70	34	54	20	70	10	78
12	78	15	74	43	46	25	64	14	74
10	80	20	69	45	45	15	74	18	70
9	80	16	74	39	50	17	73	23	65
11	80	18	73	32	59	36	55	9	81
7	83	22	68	44	45	23	65	13	73
10	79	15	75	36	53	14	75	18	72
9	70	17	60	41	36	23	54	19	55
5	84	18	72	43	45	21	69	23	65
151	207	45	176	98	65	185	76	26	67
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	81	21	68	32	56	12	78	18	69
6	84	18	71	34	56	13	76	17	72
7	83	16	75	45	45	20	71	12	77
77	162	50	121	64	58	96	78	25	64
4	86	15	72	39	48	15	73	27	62
9	82	14	77	28	63	9	82	19	70
7	83	19	70	43	46	5	84	17	71
7	83	15	74	30	57	7	83	9	78
4	86	22	67	49	40	12	78	27	62



7	84	24	67	46	43	5	86	44	45
10	79	16	73	54	33	6	84	75	15
10	79	12	75	62	28	2	88	85	5
11	80	22	69	65	25	4	87	91	0
9	81	17	73	71	19	1	89	86	4
6	84	14	76	65	25	0	90	89	1
11	80	23	68	75	15	1	89	88	3
12	78	18	72	70	16	1	89	90	0
10	80	25	65	67	23	0	90	90	0
11	80	18	72	67	22	0	91	86	5
3	87	21	69	61	27	0	90	86	4
5	85	21	69	59	31	0	89	63	25
10	81	18	72	51	39	0	91	34	55
3	87	29	61	43	44	1	89	8	81
2	88	20	70	49	41	1	89	10	80
7	83	15	74	45	44	0	90	18	70
6	85	14	77	46	45	0	91	20	68
8	82	15	74	37	51	0	90	10	78
6	84	10	79	35	51	2	87	30	54
6	87	15	78	35	57	2	91	15	74
5	85	9	81	43	45	1	89	31	58
5	85	15	76	31	55	1	89	30	59
3	87	10	80	47	42	0	89	62	25
9	80	16	73	55	34	0	90	79	10
6	84	17	73	60	28	0	90	89	1
5	86	18	73	58	33	2	89	88	3
6	82	25	65	67	21	0	90	90	0
5	85	23	67	72	17	1	89	89	1
84	121	72	129	107	20	88	89	89	2
8	82	14	76	64	26	0	90	87	2
8	81	21	68	68	21	0	90	90	0
9	82	25	65	54	33	0	91	90	1
8	81	15	75	75	14	0	90	90	0
5	85	16	73	66	23	0	90	90	0
11	80	20	69	68	22	1	90	89	2
10	79	21	68	57	31	2	87	82	6
81	146	38	128	79	42	89	91	63	27
6	84	13	77	49	41	1	89	48	40
73	171	20	129	65	54	93	82	30	55
5	85	8	80	35	51	2	88	22	68
4	86	21	70	35	56	5	86	29	56
2	85	8	81	39	49	4	85	36	51
3	86	12	77	35	51	1	89	45	42



d11	d12	d13	d14	d15	d16	e1	e2	e3	e4
10	67	3	74	5	72	67	67	1	76
3	80	0	83	0	83	81	81	0	83
1	86	0	87	0	87	84	84	0	87
64	16	78	2	10	70	78	78	24	31
69	3	69	3	4	68	71	71	3	0
82	0	81	1	8	74	72	72	0	0
83	1	84	0	10	74	77	77	1	0
90	0	90	0	12	78	77	77	0	2
53	10	42	20	19	44	47	47	0	15
84	6	53	36	5	85	56	56	0	9
75	5	40	40	21	60	60	60	0	0
83	4	35	50	11	76	68	68	5	0
87	3	27	64	15	76	67	67	11	0
78	11	16	71	6	83	28	61	51	0
79	11	7	83	7	83	29	61	70	0
86	4	12	78	4	86	34	55	61	0
83	8	17	73	6	85	37	53	52	0
88	2	20	68	8	82	35	55	72	0
81	8	36	50	3	87	29	61	84	0
82	8	44	44	3	86	17	72	89	0
77	14	52	38	7	84	14	75	89	0
66	23	56	30	4	86	10	79	90	0
86	4	54	35	11	79	59	102	90	0
78	12	55	34	14	75	116	132	212	16
61	29	54	35	4	86	11	79	90	0
84	6	61	27	6	84	10	79	90	0
85	6	63	27	20	71	66	104	146	22
80	10	63	25	8	80	51	92	151	14
76	13	57	31	5	85	10	80	90	0
73	6	49	30	13	66	51	103	134	8
84	6	63	26	17	73	11	79	88	0
78	11	58	30	5	85	15	75	89	0
0	0	0	0	0	0	45	86	152	29
72	18	55	32	6	84	9	80	74	0
83	7	61	26	8	82	7	82	73	0
83	8	59	31	10	81	9	82	59	0
75	15	57	33	6	84	40	119	118	14
75	15	59	29	5	84	83	83	75	0
88	3	60	31	3	88	83	83	67	0
66	23	55	35	1	89	85	85	72	0
36	54	56	32	2	86	81	81	82	0
54	33	54	32	0	90	83	83	83	0



63	28	53	38	2	89	73	73	88	0
71	19	48	42	0	90	70	70	89	0
28	62	45	43	0	90	63	63	86	0
41	48	44	45	0	91	56	56	87	0
38	52	38	51	0	90	53	53	90	0
31	59	31	56	0	90	53	53	89	0
9	81	40	50	0	91	49	49	87	0
30	59	29	59	0	90	52	52	91	0
32	58	31	57	0	90	48	48	90	0
16	75	42	48	0	91	45	45	90	0
19	70	47	43	0	90	54	54	91	0
13	76	53	36	0	90	51	51	90	0
15	74	62	29	1	90	62	62	89	0
12	78	59	29	0	89	75	75	88	0
47	42	69	16	0	90	81	81	88	0
66	23	80	10	0	90	83	83	82	0
77	13	76	13	0	91	83	83	89	0
51	39	74	12	0	90	86	86	85	0
49	41	61	25	0	90	85	85	87	0
48	45	73	16	0	93	89	89	90	0
65	24	68	18	0	90	88	88	88	0
87	4	65	23	1	90	85	85	90	0
56	34	57	30	0	90	71	71	90	0
68	22	53	36	0	90	70	70	90	0
36	54	50	40	0	90	55	55	90	0
72	19	48	43	0	91	61	61	91	0
64	26	45	44	0	90	50	50	90	0
72	18	44	46	0	90	55	55	90	0
66	25	43	46	0	91	54	54	91	0
56	34	39	51	0	90	53	133	99	52
24	64	40	48	0	90	49	49	90	0
24	67	44	46	0	91	69	118	105	56
22	68	43	47	0	90	89	183	116	94
23	67	45	45	0	90	55	55	90	0
45	46	48	43	1	90	58	58	91	0
64	25	54	34	2	87	63	63	89	0
75	16	55	35	0	91	77	77	91	0
83	6	68	21	0	90	86	163	112	39
77	10	70	14	0	87	81	81	87	0
84	6	77	13	1	89	85	85	90	0
90	1	74	17	1	90	81	81	91	0
79	10	71	16	2	87	84	84	89	0
85	4	80	9	0	90	79	79	90	0





e5	e6	e7	e8	e9	e10	e11	e12
9	68	1	76	9	67	1	75
2	81	0	83	2	81	0	83
2	84	0	87	2	85	0	87
2	78	4	75	2	78	5	75
1	71	4	64	1	71	4	65
10	72	12	62	10	72	9	62
7	77	13	54	7	77	11	53
13	77	13	65	13	78	13	68
16	47	19	25	15	46	16	24
33	56	6	44	32	56	7	42
18	60	23	26	18	60	21	26
16	68	16	36	16	69	15	35
23	67	15	40	23	66	14	37
27	61	9	46	27	61	8	45
29	61	10	50	28	61	8	47
33	55	10	47	33	55	8	48
37	53	16	38	37	54	14	35
34	55	23	34	35	55	22	34
29	61	13	50	29	61	14	48
16	72	14	38	15	72	13	39
14	77	24	30	14	77	21	29
10	79	11	41	9	80	12	42
13	76	27	30	13	76	23	30
111	74	36	19	19	71	29	19
11	79	19	32	11	79	17	32
9	79	33	26	9	79	29	27
50	75	51	20	16	75	50	17
61	77	29	32	13	77	28	33
10	80	31	33	10	80	31	32
61	66	34	29	13	66	31	29
11	79	30	36	11	79	30	36
15	75	21	47	15	75	19	47
32	76	18	31	13	75	17	31
9	81	17	40	8	80	14	41
7	83	18	40	6	83	19	40
9	82	23	32	9	82	22	35
41	86	23	42	6	84	19	40
4	84	10	48	4	84	9	52
7	83	32	23	7	83	27	24
5	85	28	28	5	85	24	30
8	81	25	33	9	81	20	30
6	83	18	37	6	83	22	39



15	73	13	40	15	73	12	41
21	70	12	57	21	70	14	56
27	63	13	52	27	63	14	53
33	56	2	70	33	56	3	68
37	53	5	60	37	54	5	61
36	54	4	62	36	54	4	61
40	50	8	61	40	50	8	60
38	52	1	79	39	52	3	80
41	49	1	82	41	49	1	83
44	45	0	85	43	46	0	85
37	54	1	77	37	54	0	79
38	52	1	78	37	52	0	79
26	63	5	74	26	63	5	74
15	75	3	81	15	76	2	81
7	82	4	69	7	83	4	67
5	83	4	59	5	84	6	62
6	84	10	58	6	84	11	57
5	86	9	55	5	86	9	52
5	85	4	68	5	85	4	66
4	89	12	53	4	89	14	52
19	72	11	51	19	71	10	51
18	71	12	54	18	72	11	54
30	57	6	62	30	57	4	65
28	60	8	63	28	61	7	61
37	52	9	60	37	53	9	61
31	56	12	68	30	59	11	69
36	56	10	59	36	54	11	62
38	50	6	64	38	51	5	63
38	49	4	77	38	51	7	75
42	47	0	81	42	48	0	80
42	47	4	77	42	48	5	78
33	57	1	73	33	57	2	73
29	59	7	66	28	59	6	66
25	64	9	70	25	64	8	71
13	78	15	53	13	77	16	51
10	79	27	33	10	80	26	35
4	81	32	36	5	82	30	39
3	85	25	42	3	86	25	40
8	81	31	35	8	82	26	35
3	84	13	46	3	85	12	44
9	82	21	43	9	81	19	43

